E/CONF.39/A/379
23 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A. 3. 1. 1

Organisation
pour l'Alimentation et l'Agriculture

TECHNIQUES POUR L'ETUDE ET LES RECHERCHES RELATIVES AUX EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

Par R. AMBROGGI,
Hydrogéologue,
Organisation des Nations Unies
pour l'Alimentation et l'Agriculture

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

TECHNIQUES POUR L'ETUDE ET LES RECHERCHES RELATIVES AUX EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

par

R. Ambroggi,
Hydrogéologue,
Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

Introduction

Nécessité d'un inventaire des ressources en eau

Au moment où va se développer sur un plan international la décennie de l'eau (water decade) il convient de livrer aux divers pays des informations pratiques, utiles à leur développement et à leur contribution à un programme international.

En effet, le développement économique (agricole, industriel) et la croissance démographique déterminent dans tous les pays un accroissement des besoins en eau. Dans les régions arides et semi-arides en particulier, l'eau représente le facteur-clé de limitation du développement. Les pays les plus déshérités sont amenés, dans leur plan économique national, à faire un choix, à priori, en donnant la préférence aux besoins domestiques, plutôt qu'aux besoins agricoles ou industriels. Cependant de récentes études ont montré que la consommation totale d'eau est liée non au climat mais au niveau général de développement économique.

A titre d'exemple, cette consommation, y compris tous les besoins agricoles, domestiques et industriels est de:

15m3/habitant/an	(3,300 Imp. Gal; 4,000 US Gal) en Afrique Tropicale
200m3/habitant/an	(44,000 Imp. Gal; 53,000 US Gal) en Afrique du Nord
500m3/habitant/an	(110,000 Imp. Gal; 130,000 US Gal) en Europe occidentale
1000 m3/habitant/an	(220,000 Imp. Gal; 265,000 US Gal) aux Etats-Unis.

Il est évident, dès lors, que l'inventaire des ressources en eau devrait être la condition préjudicielle à l'établissement d'un plan national de développement et la condition déterminante d'une mise en valeur rationelle et planifiée des disponibilités en eau.

Un tel inventaire exige la mise en oeuvre de techniques ou méthodes de travail spécialisées dans le cadre d'une organisation nationale ou contractuelle.

I - Techniques ou méthodes de travail

Les progrès rapides des sciences hydrologiques et des techniques de recherche et d'utilisation des eaux, au cours des dernières années, répondent à un besoin

de plus en plus général; les moyens matériels étendus consacrés à ces recherches ont rendu ces progrès possibles, et élevé à la fois leur niveau scientifique et leur efficacité.

Les techniques peuvent être rapportées à trois phases de recherche et d'exploitation des eaux:

-Les études préliminaires, qui ressortissent essentiellement aux sciences hydrologiques et hydrogéologiques;
-Les travaux de recherches, qui font appel aux techniques les plus modernes de recherches, de mesure et d'exploitation des eaux;
-L'établissement de l'avant-projet d'aménagement des ressources hydrauliques qui représente la synthèse des deux phases précédentes et s'intègre dans le plan national d'équipement et de développement. Seules les deux premières phases seront traitées.

1. Etudes préliminaires

Ces études, essentiellement documentaires, surtout dans le domaine des eaux de surface, peuvent être conduites plus ou moins simultanément.

Il convient toutefois de distinguer le domaine des eaux de surface, objet de l'Hydrologie au sens strict (1) et celui des eaux souterraines, objet de l'Hydrogéologie.

11. Hydrologie - En hydrologie superficielle l'organisation de la recherche et les méthodes d'études sont maintenant bien établies grâce surtout au développement de l'hydroélectricité et de l'Hydraulique agricole. Dans ce domaine la nécessité d'organismes d'étude permanents n'est pas discutée et on s'attache surtout aujord'hui à des perfectionnements de détail des méthodes et à un développement quantitatif des observations.

11.1 Pluviométrie, climatologie - Presque tous les pays possèdent aujourd'hui des observations météorologiques, surtout pluviométriques, remontant au moins à 20 ans, nombre statistique satisfaisant. Par contre il est peu de pays où le réseau de postes météorologiques est assez dense, ce qui oblige à des interpolations toujours dangereuses.

11.2 Ruissellement - L'étude du ruissellement, aspect le plus classique de l'hydrologie de surface, permet de déterminer le régime des cours d'eau par jaugeage des débits. Encore faut-il que les rivières soient dotées de plusieurs stations de jaugeage et que des mesures valables aient été effectuées à différentes périodes de l'année pendant plusieurs années. Il est alors possible de déterminer directement par analyse statique les caractéristiques désirées.

L'étude d'une zone de 10.000 Km2 normalement drainée et équipée en stations d'observation exige une équipe comprenant un expert ou ingénieur hydrométéorologue et un assistant, travaillant pendant six mois, à raison de: 1 mois-ingénieur +

---

(1) Sens français restreint opposé au sens large de l'Hydrologie "Science qui traite des eaux, de leurs caractéristiques et de leurs propriétés".

1 mois-assistant pour la reconnaissance sur le terrain, 1 mois-assistant pour réunir les observations + 4 mois-assistant pour l'élaboration des résultats, 1 mois-ingénieur + 1 mois-assistant pour les conclusions et le rapport final. Le coût d'une telle opération s'établit aux environs de $ 8,000 à 10,000 (voyages non compris), avec une majoration de 20 à 30% si elle est confiée à un bureau d'études ou d'ingénieurs-conseils.

Malheureusement l'analyse statistique n'est applicable qu'aux cas de rivières pour lesquelles existent 20 à 30 ans d'observations périodiques continues. Or, les pays en voie de développement peu ou pas équipés ne peuvent attendre aussi longtemps pour déterminer leurs ressources en eau de surface. Dans ce cas, on fait appel à la méthode d'étude de la relation "pluie-ruissellement" basée sur le fait que la plupart des pays possèdent des observations pluviométriques sur 20 ou 30 ans. Il suffit alors de posséder des jaugeages périodiques correctement effectués pendant 3 à 5 ans pour établir la relation. Mais cette méthode basée sur le calcul des probabilités présente des dangers évidents. Les conditions de travail sont comparables à celles exposées ci-dessus avec toutefois 2 ou 3 mois supplémentaires d'ingénieur hydrométéorologiste ce qui porte le coût de l'étude à $ 15,000 environ.

12. Hydrogéologie

L'Hydrogéologie est la science qui étudie les eaux souterraines dans leur cadre géologique. Dans beaucoup de pays c'est encore une branche mineure de la géologie appliquée, une matière à recherches temporaires, à "expertises" d'un géologue, plutôt qu'à études prolongées et organisées. Les liaisons et la coopération avec les autres méthodes d'étude des eaux souterraines (hydrodynamique et Hydrochimie des eaux souterraines, notamment) de même qu'avec l'Hydrologie superficielle et la Climatologie, sont encore très insuffisantes, quand elles existent. Ceci a pour conséquence un niveau encore presque exclusivement qualitatif des recherches en de nombreux pays, pour ne rien dire de l'usage encore très répandu de procédés pseudo-scientifiques tels que la radiesthésie.

Au stade préliminaire l'étude hydrogéologique doit comporter notamment une étude géologique, des enquêtes et inventaire de points d'eau, une étude hydrochimique.

12.1 Etude géologique - Il n'est pas nécessaire de développer ici le rôle fondamental du géologue, ou mieux hydrogéologue, dans la recherche hydrogéologique. Son intervention est permanente, et il parait le mieux apte à poser les problèmes et à conduire l'ensemble des études. Son rôle est donc double:

-Direction et coordination des recherches;
-Etudes géologiques proprement dites.

Les missions du géologue consistent: à assimiler et exploiter les études antérieures, à en contrôler la valeur sur le terrain et à effectuer tous les relevés ou observations complémentaires nécessaires (en stratigraphie, en

pétrographie ou en tectonique) (1); à définir les programmes des travaux de recherche, et à les implanter, enfin à définir la situation géologique des points d'eau levés. A ce stade le géologue coopère donc avec les prospecteurs et enquêteurs de points d'eau et les topographes.

L'aboutissement de l'étude géologique est l'établissement d'une carte géologique de reconnaissance mais suffisamment élaborée cependant pour mettre en évidence une stratigraphie détaillée basée sur les faciès, les grandes lignes structurales, les sous-bassins hydrogéologiques caractéristiques (esquisse de la future carte hydrogéologique).

La durée et le coût de cette étude dépendent de la superficie étudiée, des voies d'accès, de l'état des connaissances géologiques antérieures, etc... Cependant à titre d'exemple et pour fixer les idées, dans le cas d'une plaine semi-alluviale de 10.000 Km2, comportant des bordures montagneuses d'accès facile dans un cadre géologique de difficulté moyenne, une équipe comprenant un hydrogéologue expérimenté, un géologue-assistant, deux chauffeurs, deux aides, deux véhicules tous-terrains, achèvera l'étude préliminaire en 12 mois. Le coût local de l'opération peut s'estimer à $ 60.000 (personnel $ 45.000, (2) véhicules: $ 6.000, entretien: $ 3.000, matériel: $ 4.000).

12.2 Enquêtes et inventaire des points d'eau

La prospection hydrogéologique de base, menée parallèlement à l'étude géologique proprement dite, consiste essentiellement dans le relevé des points d'eau (sources, puits) et l'observation de leurs caractères et de leur situation hydrogéologique. Ce travail aboutit à l'établissement d'un inventaire qui est l'expression et la conservation des renseignements recueillis et constitue une archive publique.

Relevé et inventaire doivent obéir à des règles et à des normes rigoureuses: chaque point d'eau relevé doit être situé et identifié avec précision, immatriculé suivant un système simple, extensible à tout le territoire, et servant de base au classement. La plus grande discipline doit être imposée dans l'immatriculation surtout lorsque celle-ci est décentralisée. Le maximum de renseignements doit être recueilli, mais le partage doit être fait et signalé entre les observations directes - obligatoirement datées - et les renseignements indirects, référés.

Le report des renseignements s'effectuera le plus commodément sur fiches accompagnées de cartes. Lorsque le nombre de fiches complètes est assez grand (plus de 10.000) il peut y avoir intérêt à utiliser des cartes perforées facilitant les statistiques et les recherches.

---

(1) Les cartes géologiques établies par les services de la carte géologique doivent être traduites en cartes lithologiques et en cartes tectoniques. Dans ce sens les compléments à rapporter par l'hydrogéologue aux documents géologiques existants consistent surtout en des observations de faciès (particulièrement ceux du Quaternaire) et des précisions sur les pendages (en particulier en bordure d'une plaine)

(2) Hydrogéologue et assistant rémunérés au tarif international. Si tout le personnel était national, la dépense serait de $ 15.000 et le coût total serait de $30.000

Le contrôle périodique de certaines caractéristiques (profondeur du niveau piézométrique de puits, débit de sources, température et analyse chimique) est enfin une des méthodes d'étude les plus rentables au regard de son coût: elle a en hydrogéologie presque autant d'importance que les jaugeages en hydrologie superficielle. Il y a donc un intérêt indiscutable à mettre en place les moyens qui permettent de l'effectuer aussitôt que possible, dès le lancement d'études générales.

Ce contrôle s'exerce soit par des puits témoins sélectionnés, soit par des sondages de reconnaissance, ou exécutés spécialement dans ce but, équipés en piézomètres et parfois munis de limnimètres permanents ou de limnigraphes enregistreurs.

L'aboutissement est l'établissement de la carte piézométrique et des cartes annexes (profondeur, direction d'écoulement, etc....) à diverses périodes. De telles enquêtes seront faites par des agents techniques. Un agent technique entraîné relève 100 à 200 points d'eau/mois, avec prélèvement d'échantillons pour analyse chimique, dans un bassin hydrogéologique déjà exploité par les moyens traditionnels.

A titre d'exemple, la carte piézométrique d'un bassin hydrogéologique de 10.000 Km2 à l'échelle du 1/100.000 ou 1/200.000 exige le relevé de 1000 à 1500 points d'eau pour être expressive, soit sensiblement l'emploi d'un agent technique pendant 1 an (coût local: $ 2000 à 3000) + 1 véhicule tous-terrains (achat et entretien: $ 4.000).

12.3 Etude hydrochimique - L'intérêt de la connaissance des caractères chimiques (quantitatifs et qualitatifs) des eaux, ne réside pas seulement dans l'importance directe de ces données pour l'utilisation de l'eau (consommation ou irrigation). Plus particulièrement dans les pays arides où la concentration des eaux est souvent élevée, une interprétation poussée des résultats d'analyse d'eau est une méthode fructueuse dont les conclusions viennent utilement étayer et recouper les autres.

Dans le cadre des levés préliminaires un soin particulier sera donc apporté au prélèvement des échantillons d'eau qui devrait être systématique et souvent périodique (contrôle des variations de concentration et de composition). Les prélèvements seront effectués sur le terrain par l'agent technique chargé de l'enquête sur les points d'eau.

Les attributions propres du chimiste (laboratoire) sont ensuite:

-L'exécution des analyses d'eau suivant des méthodes fidèles et invariables; analyse complète (6 ou 7 ions principaux, Ph, degré hydrothimétrique, résidu sec.)
-La représentation graphique des résultats d'analyse suivant des modes appropriés (diagrammes logarithmiques, triangulaires, en losange)
-Enfin l'étude des répartitions dans l'espace des concentrations et de leurs relations avec les sens d'écoulement des nappes (construction de cartes hydrochimiques) puis la définition des faciès hydrochimiques, le calcul des rapports d'ions caractéristiques, et l'étude de leurs relations avec l'aquifère et la concentration, ainsi qu'avec les qualités des eaux de surface, exigent une étroite coopération entre le chimiste et le géologue.

On peut ainsi obtenir des indications précieuses pour l'étude des modes d'alimentation et de décharge des nappes d'eau souterraine: au stade de l'interprétation finale, la collaboration du chimiste avec l'hydrogéologue et l'hydraulicien est indispensable.

Moins riche de conclusions que l'étude chimique, l'étude thermique des eaux souterraines n'est pourtant pas à négliger, en particulier le contrôle du régime thermique, trop rarement exercé. Les anomalies positives ou négatives observées sont en effet des indices sûrs d'apports d'origine profonde ou superficielle. Ces données contribuent à définir le mode d'alimentation d'une nappe.

L'aboutissement des études hydrochimiques et thermiques est l'établissement des cartes et documentation hydrochimiques et de la carte hydrothermique. Les études seront assurées par un chimiste spécialiste des eaux et un laborantin. Le rythme d'exécution des analyses complètes d'eau est de 5 analyses/jour/personne. Le plus souvent tout le travail d'analyse sera exécuté par le laborantin qui est employé à temps plein pendant 1 an pour un bassin comportant 1000 prélèvements environ. La présence du chimiste est nécessaire durant les 6 derniers mois pour contrôler les analyses par sondage et faire les synthèses requises.

Le coût total de l'étude hydrochimique ainsi définie s'élèverait à $ 25.000 (équipement d'un laboratoire d'eau: $ 10.000, chimiste $ 11.000, laborantin: $ 4.000).

13. Etudes et méthodes annexes

Ces études peuvent être préalables ou complémentaires des précédentes, sans être toutefois systématiques. Cependant, elles sont souvent utiles et parfois indispensables. Sans énumérer une liste exhaustive, citons cependant: la photographie aérienne, l'usage des traceurs chimiques et radioactifs, la géomorphologie, la paléontologie, les radioisotopes utilisés comme "dateurs" pour déterminer l'âge des eaux souterraines, etc...

13.1 Topographie et photographie aérienne - L'inexistence des documents cartographiques et la nécessité de posséder, dès le début des études, des documents de base de travail, conduisent à rechercher les moyens les plus rapides. La photographie aérienne permet de posséder un premier document de reconnaissance qui peut être complété par la cartographie obtenue à partir de l'interprétation photogrammétrique. Pour une superficie moyenne de 10.000 Km2 par exemple, une couverture aérienne à l'échelle du 1/50 000 revient sensiblement à $ 4 par Km2; pour la photo aérienne avec recouvrement stéréoscopique à 66%, une carte par interprétation photogramétrique, en courbes de niveau d'intervalles de 10 m, à la même échelle de 1/50 000, revient sensiblement à $ 5 par Km2.

13.2 Usage des traceurs chimiques et radioactifs - Ils peuvent être employés pour le jaugeage des cours d'eau et pour déterminer les circuits souterrains principalement dans les nappes à circulation karstique. Dans ce dernier domaine l'emploi des traceurs chimiques ou radioactifs est une contribution essentielle à la détermination des zones d'alimentation, de la durée d'emmagasinement souterrain des eaux et de la connaissance des divers exutoires possibles d'une même nappe. L'emploi des traceurs radioactifs exige certaines précautions, dans l'intérêt des populations.

Divers radioisotopes peuvent être recommandés. Parmi eux le tritium artificiel paraît le plus choisi. Une opération de traçage radioactif au moyen du tritium coûte sensiblement de $ 6.000 à $ 10.000, compte tenu de la fourniture du produit, de l'opération d'injection, des prises d'échantillons échelonnées sur un an par diverses équipes, et des analyses en laboratoire spécialisé.

13.3 Géomorphologie - Une connaissance approfondie de la géomorphologie peut être utile à la connaissance de l'évolution des niveaux de base qui ont souvent conditionné l'évolution parallèle des systèmes aquifères superficiels ou souterrains. L'étude géomorphologique peut apporter, en outre, des renseignements précieux sur la détermination des zones d'alimentation, des zones d'exutoires et des différents traits structuraux qui définissent souvent les bassins aquifères. Une étude d'un mois, par un spécialiste, suffit en général pour définir les grandes lignes, soit environ $ 2.000.

13.4 Micropaléontologie - Elle est souvent utile, pour ne pas dire nécessaire, pour déterminer l'âge et donc la position stratigraphique, des niveaux aquifères recherchés par sondages et pour la corrélation des divers sondages entre eux. L'étude micropaléontologique exige, dans un sondage, une prise d'échantillon, tous les mètres, ou tous les 10 mètres, suivant le degré de précision recherché, le lavage de marnes et l'examen au microscope des microfaunes. Ce travail doit être nécessairement confié à des spécialistes; le coût sera fixé par échantillon examiné.

13.5 Les radioisotopes comme "dateurs" - La connaissance rigoureuse des réservoirs souterrains, de leur alimentation et de leur débit, conditionne le mode et le taux d'exploitation de ces réservoirs. Outre les méthodes connues, il conviendrait d'aborder un domaine nouveau qui est celui de l'âge des eaux souterraines. Cette idée provient d'une hypothèse de base selon laquelle l'eau souterraine serait stratifiée; chaque couche aquifère pouvant être d'âge différent, on en arriverait ainsi à la notion de "stratigraphie" des eaux souterraines. Plusieurs radioisotopes peuvent être employés à cet effet: Le C14 pour les eaux très anciennes (supérieures à 20.000 ans), la famille Cobalt-Thorium pour les eaux comprises entre 100 ans et 20.000 ans, leTritium naturel pour les eaux inférieures à 100 ans et le Tritium artificiel (produit par explosion nucléaire des bombes à hydrogène) pour les eaux souterraines formées depuis 1952, date de la première explosion de bombe H.

2. Travaux de recherche

Les études préliminaires auront permis:

- -Une interprétation, une confrontation et une synthèse provisoire des observations recueillies;
- -Un recensement des inconnues et des problèmes posés;
- -L'élaboration d'hypothèses de travail;
- -L'établissement d'un programme de travaux de recherche en fonction à la fois des hypothèses à vérifier et des buts économiques de recherche, après réappréciation éventuelle des problèmes techniques posés initialement.

Il suffira alors de procéder aux travaux d'étude qui permettront de compléter les observations et de lever les inconnues.

21 - Eaux de surface

21.1 Réseaux de pluviomètres - Un réseau normal d'observation des précipitations sera mis en place. En bonne règle, un tel réseau, sur une zone-type de 1.000 Km2 doit comporter 100 pluviomètres ordinaires, 4 à 5 pluviomètres totalisateurs et 1 pluviomètre enregistreur. Le prix de revient est de $ 12 pour un pluviomètre ordinaire; $ 40 pour un pluviomètre totalisateur et de $ 130 pour un pluviomètre enregistreur. A ces dépenses doivent normalement s'ajouter le salaire des agents responsables des observations.

21.2 Hydrométrie - C'est la mesure des débits des eaux de surface, aussi bien sources que rivières et fleuves. Ces mesures peuvent s'effectuer soit à l'aide de moulinets en pré-reconnaissance, soit au moyen de stations permanentes de jaugeage. Ces stations de jaugeage peuvent être simplifiées à l'extrême; le coût de l'équipement sera alors de l'ordre de $ 1.000 par station. Ou bien les stations de jaugeage pourront faire l'objet d'un équipement plus poussé et être dotées d'appareils d'enregistrement automatique. Il est difficile de déterminer un prix de revient qui dépend essentiellement des conditions locales, toutefois, dans un ordre de grandeur, une telle station peut être établie à un prix de revient compris entre $ 10.000 et 1.000.

22 - Eaux souterraines

22.1 Géophysique - L'Hydrogéologue doit faire appel à la géophysique dans tous les cas de bassins alluviaux où les dépôts récents masquent les couches géologiques et interdisent toute interprétation de la structure et de la profondeur de celles-ci. En règle générale toute prospection géophysique doit être menée en collaboration étroite et permanente avec l'Hydrogéologue, aussi bien durant la prospection qu'au moment de l'interprétation. Les divers modes de prospection géophysique doivent être employés judicieusement suivant les problèmes posés.

-En Hydrogéologie, les méthodes géophysiques d'exploration des structures profondes (gravimétrie, magnétisme) sont rarement employées bien qu'elles puissent économiquement aider les recherches ultérieures. Dans quelques cas, ces méthodes peuvent être intéressantes à condition toutefois d'obtenir une densité élevée de points de mesure. Les deux méthodes les plus couramment utilisées sont:

-La résistivité électrique par sondages électriques, plus spécialement dans l'étude des terrains alluviaux ou argilo-sableux, pour des profondeurs ne dépassant pas 500 à 1.000 mètres. Dans certains cas la méthode par "Trainés" sera moins onéreuse. Des carottages électriques des sondages compléteront efficacement cette méthode.

-La sismique réfraction sera utilisée dans les études des structures de terrains durs aquifères calcaires, sous une couverture imperméable ou dans le cas de substratum de bassin sédimentaire ou de plaine d'effondrement.

De toute façon, ces prospections doivent être soigneusement préparées par une étude géologique (lithologique et structurale) portant sur les affleurements des terrains qui doivent en profondeur influencer les mesures physiques (densité,

différence de potentiel, élasticité). Des sondages de pré-reconnaissance, un peu analogues aux "core drill" des pétroliers, peuvent dans certains cas hâter l'interprétation des mesures géophysiques, en permettant leur étalonnage préalable. Mais le plus souvent une étude par géophysique extensive suivra l'étude géologique, puis un ou plusieurs sondages (carottés électriquement si possible) permettront de rectifier l'image interprétative obtenue, et de préciser les zones où une étude géophysique de détail sera nécessaire.

Dans cette phase, il appartient au géophysicien de critiquer le choix de la méthode proposée par le géologue et de préciser le mode d'application de cette méthode (longueur de ligne d'envoi de courant, charge d'explosif...) et au géologue de réviser les interprétations tectoniques et lithologiques auxquelles il était parvenu sur la base des diverses interprétations géométriques que lui propose le géophysicien: ils doivent apprendre à travailler ensemble.

Des deux méthodes ainsi définies, celle par résistivité électrique est la moins onéreuse, et par conséquent la plus recommandée pour les reconnaissances hydrogéologiques. Son prix de revient est sensiblement de 3.000 à 5.000 dollars par équipe/mois, y compris l'équipement. Une équipe bien entraînée peut exécuter 80 à 100 sondages électriques/mois à des profondeurs moyennes de 200 à 500 mètres et 100 à 150 sondages électriques/mois à des profondeurs égales ou inférieures à 100 mètres.

Le coût de la méthode par sismique-réfraction est de $ 10.000 à $ 15.000 par équipe/mois.

22.2 Sondages - Les sondages sont de toute façon nécessaires pour préciser, rectifier ou modifier l'interprétation géologique des mesures géophysiques. Ces sondages utiles en pré-reconnaissance seront de toutes façons indispensables pour connaître les caractéristiques hydrodynamiques des terrains et des nappes aquifères que la géophysique ne peut donner que dans des cas tout à fait exceptionnels.

Dans un premier stade (reconnaissance) le forage sera réalisé en petit diamètre avec de nombreux carottages mécaniques et si possible un carottage électrique (aide du géophysicien pour l'interprétation de ce document), pour permettre au géologue d'établir une coupe type rigoureuse. Puis les premiers renseignements sommaires ayant été obtenus sur les caractéristiques hydrogéologiques des terrains (pertes d'eau, niveau hydrostatique, température et qualités chimiques des différentes nappes) un programme d'étude sera établi (diamètre d'alésage, tubage, crépinage, développement, pompage d'essai). Dans une étude systématique d'une nappe phréatique, un forage d'étude peut être équipé d'un tube piézomètre.

Pour les nappes déjà mieux connues par des forages de reconnaissance précédents, on pourra dès l'abord exécuter le forage en son diamètre définitif. Mais ce forage dit d'exploitation conserve, en raison de l'hétérogénéité des terrains, le caractère d'un forage d'étude jusqu'à ce que l'hydraulicien, ayant interprété les essais de débit, puisse le livrer aux ingénieurs chargés de l'équipement, avec ses caractéristiques de pompage.

La proportion de ces divers types de forage dans l'étude d'un bassin variera avec le type du réservoir aquifère et avec l'état d'avancement des études.

L'étude progressant en fonction des résultats apportés par les sondages, un programme de travaux doit toujours être souple et prévoir différentes possibilités.

L'Hydrogéologue prépare ce programme en fonction du renseignement à obtenir, du problème à résoudre. Il implante les forages, établit la coupe lithologique et géologique et reste en relation étroite avec l'ingénieur chargé des sondages et avec l'hydraulicien pour la mise au point et l'adaptation éventuelle des différents essais. Ce travail à trois qui commence au moment de la préparation de l'appel d'offres, se poursuit avec la mise au point des termes du marché et se concrétise au cours de la réalisation du sondage d'étude, vise à en obtenir le maximum de renseignements, dans le cadre du marché établi.

Ainsi l'Hydrogéologue doit d'une part choisir en fonction du problème particulier qu'il a à traiter, la puissance et le type d'appareil (battage à sec ou à l'eau claire, rotary avec injection d'air ou d'eau claire - carottage continu) et connaître les différentes possibilités techniques du matériel de sondage à sa disposition. Il doit d'autre part connaître les incidences financières de ses exigences et tenir compte d'un rapport raisonnable entre le coût des travaux d'étude et celui de l'équipement pour l'exploitation.

Le prix de revient des sondages est assez difficile à déterminer, car il est fonction de l'éloignement des bases, des conditions d'accès, des facteurs de climat, des incidents techniques, de la coopération et de la coordination des diverses techniques et opérations, etc... Cependant, à titre indicatif, dans les terrains rocheux ou meubles et cohérents, des sondages de pré-reconnaissance et de reconnaissance en carottage, exécutés à une profondeur moyenne de 100 mètres, en petit diamètre (inférieur à 6 pouces) reviendraient entre $ 30 et $ 40 du mètre, toutes prestations et fournitures comprises. Les mêmes sondages reviendraient à $20/mètre au rotary. Les forages d'exploration exécutés à des diamètres compris entre 6 et 10 pouces à des profondeurs moyennes de 100 mètres ont des prix de revient compris entre $ 40 et $ 80 par mètre; enfin les sondages d'exploitation en diamètre supérieur à 12 ou 14 pouces à des profondeurs moyennes de 100 mètres s'établissent entre 80 et $120 par mètre, toutes fournitures et prestations comprises. Dans les terrains meubles sans cohésion (alluvions, etc...) pour des profondeurs moyennes de 50 m, les prix seraient de $ 45 en percussion à l'eau claire, diamètre de 3 à 7", de $ 60-70 en percussion à circulation directe, diamètre 16 à 20", de $ 90, en percussion à circulation inverse, diamètre de 20 à 32".

22.3 Essais de débit - Le principal but pratique de la recherche hydrogéologique est l'évaluation quantitative des ressources en eau souterraine et des possibilités d'exploitation. Ce doit être la tâche de l'Hydraulicien spécialisé en hydraulique souterraine, en étroite collaboration avec l'Hydrogéologue. Les moyens d'investigation dont dispose l'Hydraulicien pour définir et chiffrer les principales caractéristiques numériques des nappes aquifères sont: perméabilité, transmissivité, coefficient d'emmagasinage et l'essai de débit qui doit être effectué aussitôt après l'exécution du sondage d'exploration ou d'exploitation. Le but des essais de débit en fin de sondage est de déterminer les caractéristiques d'exploitation d'un ouvrage et l'équipement définitif des stations de pompage; pour cela les essais permettront de définir chaque niveau aquifère par son débit spécifique, et les volumes d'eau qu'il est possible d'exorer.

Un essai de débit pour être interprétable doit être conduit pendant plusieurs heures et quelquefois plusieurs jours ou plusieurs mois suivant les caractéristiques du terrain et l'importance de l'exploitation à déterminer. Dans tous les cas un essai de débit n'est valable que lorsque pour un débit de pompage constant, on a obtenu, après un certain temps, une stabilisation ou une quasi-stabilisation du niveau piézométrique. Le prix de revient de ces essais de débit s'établit entre $ 10 et $ 20 par heure de pompage pour des débits compris entre 5 et 30 l/s.

II. ORGANISATION

Principes généraux d'organisation. Ces études et travaux, ainsi que les techniques qu'ils impliquent, peuvent être conduits soit dans le cadre d'une mission régionale à caractère temporaire, soit dans le cadre d'un service national à caractère permanent, la seconde formule pouvant être la cristallisation de la première.

Ces diverses techniques devraient être réunies dans un même organisme dont le rattachement organique dépendrait des structures administratives et économiques locales propres à chaque pays. Trois principes directeurs paraissent essentiels:

a) Subordonner cet organisme à une administration ou à un établissement à but économique afin d'orienter les recherches vers des buts pratiques, mais conserver une autonomie assez grande pour permettre les recherches de caractère général et à long terme.

b) Combiner en permanence l'étude des eaux de surface et des eaux souterraines avant d'établir le choix des priorités.

c) Décentraliser autant que possible le service au fur et à mesure de son développement en centres régionaux adaptés à des régions naturelles homogènes.

1. Mission régionale. Elle aura un caractère en principe temporaire avec pour mission de déterminer au plus vite les ressources en eau de surface et souterraine pour une région bien délimitée, présentant un caractère de priorité dans le cadre national de mise en valeur. Cette mission régionale devra comprendre en principe un hydrogéologue, Chef de mission, un hydrologue et deux agents techniques pour les eaux de surface, deux agents techniques pour les eaux souterraines, un topographe, un commis, un secrétaire, un ou plusieurs chauffeurs, deux ou trois véhicules. Les travaux d'installation de stations de jaugeage, de prospection géophysique, de sondages et d'essais de débit, doivent, en principe, être sous-contractés. Cette mission à caractère temporaire devrait être prévue en principe pour deux ou trois ans suivant les exigences. Elle serait ensuite transformée en service régional à mission permanente et son effectif serait alors réduit à:

1 Hydrogéologue Chef de Service
2 Adjoints techniques
1 Commis
1 Secrétaire

L'avantage de cette formule est de constituer le noyau ou base de départ de l'organisation pour l'inventaire des ressources en eau dans un pays. Elle peut être répétée et multipliée en fonction des impératifs économiques jusqu'à constituer un service national.

2. Service national. Quel que soit le rattachement organique de ce service national, sa mission essentielle sera la recherche, l'étude et la surveillance des eaux de surface et souterraines, en vue d'aboutir à l'inventaire et à

l'exploitation de toutes les ressources en eau du pays. Cette mission peut se subdiviser en trois options, également nécessaires:

- mission permanente d'inventaire et de contrôle des ressources en eau du pays;

- mission de service public avec un double rôle de bureau d'étude et d'ingénieur conseil;

- mission de recherche scientifique théorique ou appliquée.

Un tel service national se décomposera en un service central établi dans la capitale et un certain nombre de services régionaux. Le service central se composera:

- d'une direction chargée des programmes, du budget, des liaisons extérieures, du contrôle des centres régionaux et de l'administration générale;

- de plusieurs bureaux ou organes spécialisés:

  . bureau d'inventaire de ressources en eau (fichier central constituant une archive publique);

  . bureau de climatologie et d'hydrologie (documentation et liaisons);

  . laboratoire central d'hydrochimie;

  . section d'hydraulique souterraine, dirigeant et gérant un service ou un groupement d'essais de débit, chargé de toutes études et expérimentations sur l'hydrodynamique des eaux souterraines;

  . bureau des travaux de recherche, chargé de la planification et du contrôle des travaux de sondage et de prospection géophysique.

- d'un bureau de documentation et d'une bibliothèque;

- d'un secrétariat aux relations scientifiques;

- d'un bureau de publication;

- d'un secrétariat administratif.

3. Les Services régionaux. seront les principaux organes d'action. On détaillera donc un peu plus leur mission:

- Inventaire méthodique des points d'eau et des ressources en eau; tenue d'un fichier régional et liaison avec le fichier central.

- Contrôle périodique de l'état des nappes (niveau piézométrique, hydrochimie); conservation et interprétation des résultats d'observation; signalement périodique de l'état des nappes, contrôle technique des exploitations d'eaux souterraines, ce qui implique un pouvoir légal d'enquête sur les exploitations par les particuliers, distinct du pouvoir de réglementation.

- Etude hydrogéologique systématique du territoire dans le cadre de chaque région naturelle, étendue à tout ce qui a trait aux eaux souterraines. Synthèse des connaissances et expression par des cartes hydrogéologiques régionales.

- Etudes régionales ou locales à objectifs définis, dans le cadre du programme fixé par le service central, ou en réponse à des demandes formulées par des services publics locaux, des collectivités ou des particuliers.

- Préparation, contrôle et interprétation des travaux de recherche ou d'exploitation, en liaison avec le service central.

- Tenue d'archives documentaires, techniques et administratives.

- Conservation des échantillons recueillis au cours des études ou des sondages, constituant une collection géologique régionale.

CONCLUSION

La mise en oeuvre des techniques définies plus haut, dans le cadre d'une organisation à caractère temporaire ou permanent contribuera à plus ou moins long terme à la connaissance approchée, sinon exacte, des ressources en eau et des disponibilités exploitables d'un pays. Ce facteur primordial à l'établissement de tout plan de développement économique et national représentera la valeur du "Capital Eau" dont dispose le pays et permettra d'en déduire le revenu en fonction de l'aménagement des ressources, aménagement qui implique un certain investissement, et dont le numérique qui précède concernant le prix de revient des études et travaux nécessaires à l'établissement de cet inventaire, fait apparaître la modicité des sommes à investir pour parvenir à la connaissance des ressources en eau et à l'établissement d'un avant-projet d'aménagement hydraulique du pays. Le pays doit prendre conscience de cette nécessité.

BIBLIOGRAPHIE

R. Ambroggi, R. Hazan, J. Margat, F. Mortier - Association Internationale Hydrologie Scientifique, eaux souterraines dans les zones arides pp. 7 à 17. Publication No. 57 AIHS.

R. Ambroggi et J. Margat - Le Centre des Etudes Hydrogéologiques, Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc No. 153.

R. Ambroggi et J. de Mèredieu - Rôle of Hydrological Surveys - Rapport FAO pour le Congrès Alimentaire Mondial, Washington, 1963.

1816 F - Nov. 1962 - 1,000

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

UNDERGROUND STORAGE AND GROUND WATER RECHARGE IN THE ELAZIG-ULUOVA PLAIN, TURKEY.

by Dr. Geol. Ali Ozkan, Director, Investigation and Planning Section, Ground-Water Division, Directorate General of State Hydraulic Works, Ankara, Turkey.

A - INTRODUCTION

Uluova Plain which spreads over a superficial area of 30,000 hectars is one of the most important agricultural centers of the south-eastern part of Turkey. Its soil property is suitable for growing most crops, and the whole area is actually under cultivation. Its population which counts 140.000, is mostly engaged in farming as the principal occupation.

The temperature is high. The precipitation is very low, and nonuniformly distributed throughout the year. Usually, the plain has an extended rainless period, during the growing season. For these reasons precipitation is insufficient, therefore irrigation becomes a must for the agricultural economy of this area.

Surface water supply being insufficient, a great portion of the plain must be irrigated with water from Under-ground sources. Actually dry-farming is practised in the major part of the area.

Several studies have been made concerning the geology of the plain and the adjoining areas during the last 15 years, and a hydro-geological inventory has been made by DSI in 1956. 23 test wells were drilled in 1957 by the Ground Water Division of DSI. A preliminary groundwater planning report has been completed in 1958, and 46 Production wells were drilled in 1959. Actually very little information is available concerning the hydrological features of the area, outside of those mentioned above. The reports on these studies, and the records of existing wells proved helpful in the preperation of this paper.

B - GEOGRAPHY

(a) Location and extent of the area:

Uluova Plain is located in South-Eastern part of Turkey, between latitudes 38° 30' and 38° 50', and longitudes 42°00' and 42°40'. It is bounded on the north, south and on the west by mountains, and on the east by Murat-River. The plain extends from west to east, measuring about 30 Km. from south-west to north-east, and about 10 Km. from north to south with an area of 30.000 hectares. The city of Elâzig, which is located in the western part of the plain, is the capital city of the province of the same name , has a population of 65,000.

(b) Topography and Drainage:

Uluova Plain lies within the Firat Basin Region, and is drained by the tributaries of the Murat River, which itself is one of the largest tributaries of the Firat River. Harinket Stream flows in a SW-NE direction across the plain and spills into the Murat River.

The plain is surrounded in the North, South and West by Hills and mountains with an average elevation of about 1600 m. The highest altitude in this area, is in the south of the plain and measures 1650 m, and the lowest point is in the NE of the plain and measures 825 m., the total relief, therefore, being about 825 meters. Generally the plain has a flat topography, and gently slopes down from south-west to north-east.

The elevations are 950 m. and 825 m. in the south-western and north-eastern parts, respectively the general slope being about 2.9% from SW to NE.

Harinket is a perennial stream, although its flow shows seasonal variations. Its tributaries do not have continuous flow, and surface runoffs only occur following precipitations.

(c) Climate:

The Uluova Plain is situated in the south eastern part of Turkey where semi-arid climate prevails, which is characterized by a low precipitation, a high rate of evaporation and a wide range in temperature.

According to records the average annual precipitation for the 20 year period 1930-1950 is 440.4 mm., the largest part of the annual precipitation occuring in the form of snow during the winter, and leaving only a very small part for the crop growing season. Only 4.4% (19.5 mm.) of the total annual precipitation occurs during the months of June, July and August.

The mean annual temperature is 12.9°C. The difference between the maximum summer and the minimum winter temperatures is quite large. The lowest temperature during the year is in February (-19.4°C.), and the highest is in July (42°C).

Wind velocities are highest during the spring and keep diminishing until they reach a minimum in December.

The average climatic data, recorded at Elâzig station is given in table 1, and the annual precipitation, evaporation, and temperature are shown in Figures 1-111

TABLE 1.
AVERAGE CLIMATIC DATA RECORDED AT ELAZIG STATION IN ULUOVA PLAIN

Station	Annual Precipitation (mm.)	TEMPERATURE (DEGREES C)				Duration of growing season (days)
		Max.	Min.	Average July	Average February	
Elâzig	440.4	42.0	-19.4	27.2	-0.5	210

(d) Population, Agriculture and Industry:

According to the 1960 Census, the population of the area is 140.000. There are 47 villages and only one town in the area. Approximately 60 percent of the population live in small villages. The only town in the plain is Elâzig, with a population of about 65,000.

Farming is the principal occupation in the area. 32,000 hectares of land are actually under cultivation and about 97% of it is irrigable. The character of soil is generally good, and only 4,000 hectares of land are actually irrigated by surface waters.

Grains, cotton, sugarbeet, vineyards, vegetables and horticulture are the principal crop patterns.

The major industry in the area is agricultural product processing. One sugar refinery, one cement factory and several flour mills are located in and near Elâzig. There is a variety of small manufacturing concerns operating in this town.

The area is served by railways. The main railway line between Instanbul and Diyarbakir crosses the area from west to east.

Communication with neighbouring villages and other towns is established by means of state highways and several graded secondary roads.

C - HYDROLOGY:

(a) Streams:

Harinket Stream and its tributaries drain the area from its surface waters. This stream flows across Uluova Plain in a south west-north east direction.

The total drainage area of Harinket stream is 934 sq km. The annual rate of flow of this stream is estimated to be about 110 x 10^6 cu.m. Harinket stream is a perennial stream, but its rate of flow is not uniform throughout the year, being high during the winter season and spring; and low in the Summer. The highest rate of flow occurs in spring, and the lowest in the late summer.

Harinket stream irrigates 4,000 hectares of land.

(b) Lakes:

The only lake in this area, namely the Hazer is located in the mountainous region in the southern part of the plain. Its surface elevation is 155 m. higher than the average elevation of the Uluova Plain. High mountains, that are located in the periphery make the Hazer Lake a closed basin. The surface area of the lake is 84 sq.km., and its maximum depth is 300 m.

Water from Hazer Lake is conducted down hill by means of a diversion tunnel to a power plant where electrical power is generated.

(c) Springs:

There exist numerous springs in the area surrounding Uluova plain. These springs issue from the joints, fractures and openings of igneous rocks and marbles. There are also a number of small springs and seeps in eocene flysch formations, which usually issue at the contact of sandstones or conglomerates and the underlying shales.

Most springs in the area have small yields. But some of them discharge as much as 30 litres per second. Generally, the largest springs of the area issue from limestone and marbles.

These springs are generally used to meet domestic water demands.

(d) Dug Wells

There are about two hundred dug wells in the plain. These wells are usually excavated with hand tools, the diameter generally varying from 1-2 meters and the depth between 5 and 15 meters.

These wells are recharged from a shallow aquifer, which is located in the upper portion of the alluvium. The static water level lies generally within 1 or 2 meters from the surface in the central part of the plain, and between 5 or 8 meters in the other parts of the area. The water-level fluctuations occur with seasons; the rise varying between 0.5 and 1 meter during winter and fall, and between 4 and 8 meters in late summer.

Dug wells are usually located in the villages and are used for domestic and animal stock water supplies. These wells are not sealed and can be easily contaminated in many ways.

(e) Deep Wells:

23 exploratory, 46 production and 5 drinking water wells have been drilled in unconsolidated deposits of the plain by DSI in 1957 and 1958. Rotary rigs were used in drilling and the wells were cased with galvanized-iron casings, ranging from 4-12 inches in diameter. For pump setting reasons, 8 inches or larger diameter casings were used in the first 40 meters from the top.

17 of these wells, which were drilled in the central part of the plain, are flowing and the rest are non-flowing. The depth of test wells ranges between 100 and 300 meters, that of the production wells is 120 m.

The yields of flowing wells are variable. Some of them yield between 80 and 100 litres of water per second, and the rest have yields averaging between 10 and 30 litres per second. The artesian head in these wells vary between + 1 and + 10 meters.

The average discharge of existing non-flowing wells is 30 litres per second, and the pumping lift varies between 5 and 20 meters.

Almost all of the flowing wells are actually used by farmers for irrigation and 8 of the non-flowing wells are operating for drinking water supply purposes. 8 pump operated wells will be used by DSI for irrigation demonstration in 1963.

D - GELOGIC FORMATIONS AND THEIR WATER-BEARING PROPERTIES:

The formations that crop out in Uluova Plain and the adjacent areas, are sedimentary, metamorphic, and igneous rocks, and range in age from late paleozoic to recent. The areas where these formations lie are shown on Fig. 1X.
As seen on the geologic map, Uluova Plain is underlain by alluviums and terrace deposits. The other formations, mentioned above, crop out in the mountainous areas that surround the plain. These formations are of relatively low permeability and usually yield small quantities of water to springs.

The unconsolidated materials of Recent and Pleistocene age of Uluova Plain are the principal sources of groundwater in this area. Ground Water in sufficient quantities for irrigation and other supplies is contained in these deposits. The thickness of these materials in the plain ranges from 50 to 300 meters. These deposits contain thick lenses of sand and gravel and yield large quantities of water to wells.

A generalized section of the geologic formations that are exposed in the area, is given on table 2.

E - GROUND-WATER

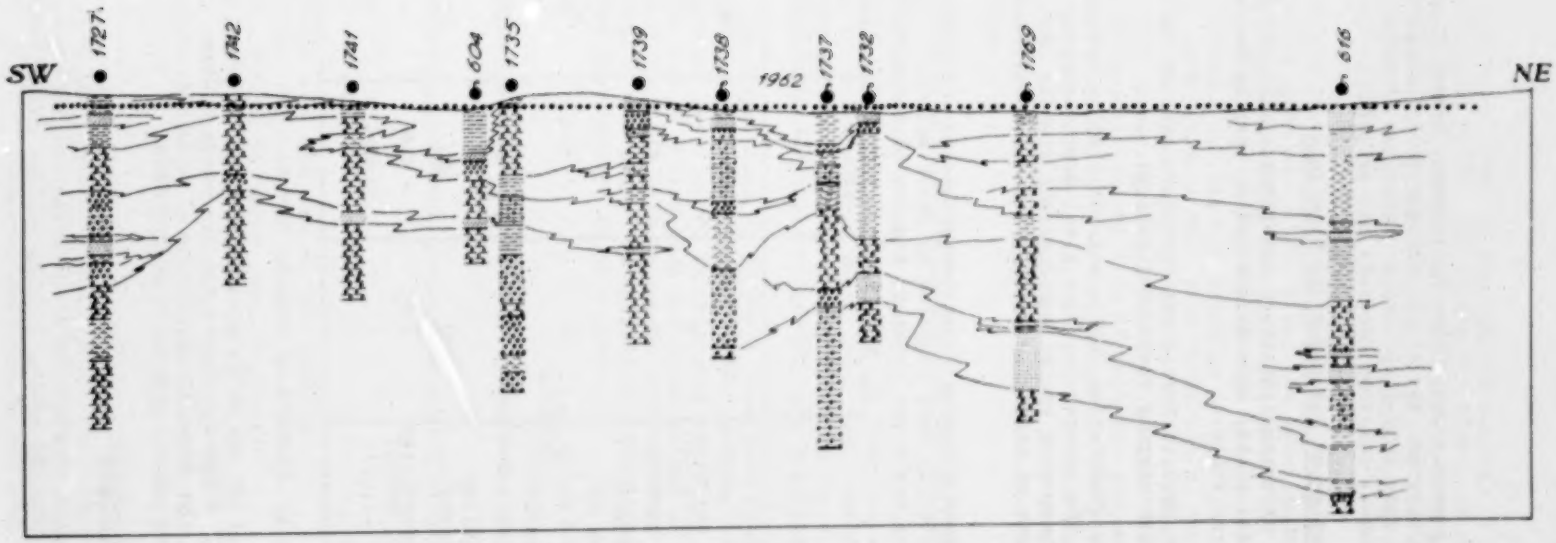
(a) Occurrence:

The principal sources of groundwater in Uluova Plain are the younger and older alluviums, and the terrace deposits. The maximum thickness of these materials is estimated at 300-350 meters. 250 m. deep test wells, drilled in alluvium and terrace deposits, have not reached the bedrock yet that underlies these formations.

There is a shallow water-table aquifer in the upper portion of the unconsolidated deposits in the plain. The water quality of this aquifer is suitable for irrigation, but its permeability is low. Evaporation and transpiration have a marked effect on this aquifer, which therefore yields very small quantities of water.

Below 60., water in these deposits is under artesian pressure. These water bearing materials are coarse sand and gravel, interbedded with clay, silt or sandy clay.

Artesian aquifers are generally interconnected and show only very slight differences between different zones, as to quality of water the piezometric level and other characteristics.



GEOLOGIC SECTION OF ULUOVA PLAIN

Scale

0 1 2 kilometers

Vertical scale 10 times horizontal scale.

EXPLANATION

- Gravel
- Gravel and sand
- Sand
- Sandy clay
- Clay and gravel
- Clay
- Silt
- 1962 — Profile of piezometric surface
- 1742 — Non-flowing well
- 1738 — Flowing well

Marbles, basic igneous rocks, Upper Cretaceous, Eocene flysch formations, and basalt lavas that surround the plain, are generally unimportant as groundwater sources; they only yield small quantities of water to a few springs through fractures, solution channels and joints.

(b) Hydrologic Properties of Water-Bearing Materials:

The co-efficient of transmissibility and permeability of unconsolidated deposits covering Uluova plain, were determined by pumping tests, that were performed on exploratory wells.

The step-drawdown test in four steps were made on each well for a period of 72 hours, with varying rates of discharge.

Unfortunately, no observation wells were drilled in artesian aquifer for measuring the changes in water level during pumping tests; water level had to be measured in the pumping well itself. For this reason, the co-efficient of storage, and radii of influence could not be determined.

From the data gathered during these tests, the co-efficients of transmissibility and permeability were computed by jacob method. The results of the tests on several wells are shown in figures IV-V and Table 3.

	WELL NOS		
	1741	1742	2591
Date of test.....	Oct. 1961	Nov. 1961	Nov. 1961
Duration of test (Hours).....	6	3	2.5
Pump discharge (litres per second).	14	20	2
Specific capacity of pumped well (litres per second per meter of drawdown).....	2	8.5	0.2
Saturated Thickness of formation (meters).....	50	46	2.10
Co-efficient of transmissibility (Cubic meters per day per meter)...	125	207	47
Average co-efficient of permeability (Cubic meter per day per SQ. meter)	2.5	4.6	-
Co-efficient of storage.....	-	-	22×10^{-3}

Table 3. Results of pumping tests.

Specific capacities of the wells generally range between 2 and 10 litres per second per meter of drawdown. Where the thickness of sand and gravel beds in alluvium was large, the specific capacities of the wells were usually higher than 5 litres per second per meter of drawdown.

(c) Water-level Fluctuations:

Periodic measurements of water-level fluctuations in Uluova plain were begun in the fall of 1960. 48 wells, tapping shallow unconfined and deep artesian aquifers, are used for observation purposes.

The water level in the shallow aquifer is associated with evapo-Transpiration, and fluctuates widely in response to precipitation, temperature, and evaporation. In shallow observation wells, the highest water level was measured in early spring, and the lowest in the late summer. The difference between maximum and minimum water levels is as high as 10 meters.

Since only a few wells tapping the deep aquifer are being used for irrigation purposes in the plain, no relationship could be established between the fluctuation of the piezometric surface and the discharge from wells. The main factors causing declines in the piezometric surface of the deep artesian aquifer are recharge by precipitation and discharge by seeps. Ground water studies that were conducted in the plain have shown that, groundwater is recharging from Harinket stream in the south-west and discharging into this stream, in the north-east. Therefore, it can be concluded that, precipitation and flow of Harinket stream have an effect on the piezometric surface of artesian aquifer in Uluova Plain, which effect is manifested in the seasonal variations, observed in the piezometric surface of ground water (fig VI). The annual rate of fluctuations in the observation wells, tapping and artesian aquifer, ranges between 0.5 and 3 meters.

(d) Ground Water Storage Capacity and Recharge.

Ground water storage capacity, as used in this paper, means the volume of water that would drain by gravity from the water-bearing materials underlying the plain, if the water level were lowered to the bottom of the water bearing zones. In other words, it means the volume of water required to resaturate the deposits after they are complately drained.

The logorithims of 69 wells have been used for estimating the total groundwater storage capacity of Uluova Plain. The volume of each type of material was figured individually according to the corresponding logorithims and by multiplying the total volume of deposits by the corresponding value of specific yield given on table 4, the total groundwater storage capacity of the plain was estimated. The figure found slightly exceeded one billion cubic meters in this case.

Table 4

Specific yield used to estimate groundwater storage capacity in Uluova Plain.

MATERIAL	ASSIGNED SPECIFIC YIELD (PERCENT)
Gravel; sand and gravel, and related gravelly deposits	25
Sand, medium to coarse grained, loose and wellsorted.....	25
Fine sand; tight sand; tight gravel; and related deposits.....	10
Gravelly clay; sandy clay, and silt.....	5

This however is not the usable ground water storage capacity. The usability of the ground water storage capacity, of course, is dependent on cyclic recharge, transmissibility and permeability of water-yielding materials, also on some economic factors.

According to the studies conducted in the plain, the maximum economic pumping lift for a ground-water irrigation operation is 20 m. in this area. By considering this factor, usable ground water storage capacity in Uluova Plain was estimated to be 90 x 10^6 cubic meters. But, in order to make use of this much storage capacity, the same volume of water must be recharged every year through precipitation or other means, so that the ground-water level will not recede beyond 20 m. from the ground surface.

In Uluova Plain ground-water is recharged primarily by precipitation. Other sources for recharge are surface streams and irrigation water. By way of hydrologic inventory the annual recharge of groundwater in Uluova Plain is estimated to be 38 million cubic meters from precipitation, 30 million cubic meters from streams, and 4 million cubic meters from irrigation water.

The general direction of groundwater flow is toward the River Murat from SW to NE. Groundwater is discharged into the Harinket stream and the River Murat in the North Eastern part of the plain. The annual rate of discharge is estimated to be 22 x 10^6 cubic meters. Therefore, the quantity of water which is stored annualy in the water bearing materials of Uluova Plain, is about 50 x 10^6 cubic meters, and this should be the annual safe yield of ground water for this plain.

(e) Chemical Quality of the Ground Water:

The quality of water in the springs, the streams and wells located in the plain and its vicinity, is generally suitable for drinking and irrigation purposes. As it can be seen in Fig V111, both surface and ground waters in the plain belong to the C_2S_1 class. Lake Hazer, which is merely a closed basin located in the mountainous area south of Uluova, contains a high concentration of salt water, which naturally is not suitable for irrigation.

Total quantity of dissolved solids contained in spring and stream waters varies between 7.40 and 19.96 EPM, and the electrical conductivity of these waters varies between 340 and 410 micromhos at 25°C.

The total quantity of dissolved minerals in the ground water varies between 6.70 and 12.02 EPM and the electrical conductivity of the ground-water varies between 280 and 600 micromhos at 25°C.

The quantity of dissolved minerals, the hardness, the electrical conductivity and the quantity of the various chemical elements, found in the spring waters issuing from volcanic formations in the periphery of the plain, are lower than those found in the other types of formations.

Calcium cations and HCO_3 anions are the main ions in the artesian water in the plain. The water is nearly saturated with $CaCO_3$. Dissolved mineral contents increase gradually in the direction of ground water flow.

The semi-logorithmic diagram in Fig V11 shows the relation between the water samples taken from a well drilled in the plain, from the Harinket stream and from Lake Hazer separately. As can be seen from the diagram, there is a close resemblance between the quality of the ground water and that of the Harinket stream water, while the water from Lake Hazer is totally different. The electrical conductivity value of the lake water is 3400 micromhos at 25°C and its irrigation water classification is C_4S_3. High salinity is due to Na C_1 and Na HCO_3.

F - POSSIBILITY OF APPLICATION OF AN IRRIGATION PROJECT IN THE PLAIN:

There are about 30,000 hectares of irrigable land in Uluova Plain. Actually only 400 hectares of land are being irrigated by surface water. Early results of ground water studies have shown that 8000 hectares of land can be irrigated by ground water. It is then evident that the remaining 18,000 hectares of land must be irrigated by pumping from River Murat, which is the only way, but uneconomical.

In a prospective ground-water irrigation project in the plain, the wells to be drilled should have an average depth of 120 m., a maximum pumping lift of 20., and an average yield of 30 litres per second. Since 1 litre of water per second is required to irrigate 1 hectare of land, each well would irrigate an average of 30 hectares of land, and 260 wells would be necessary.

Results of studies have shown that the most economicl crop pattern to be adopted in a ground-water irrigation project in the plain consists of cotton, sugar-beet, and vegetables. Use of electric power is more economical than any other type of power for a ground-water irrigation operation in this plain, and the return-to-cost ratio is 6.4.

G - CONCLUSION:

The principal sources of ground-water in Uluova Plain are the unconsolidated deposits. There is a shallow unconfined aquifer in the upper 25 m. zone. The storage capacity of this aquifer is limited, and it can only supply very small quantities of water to some domestic wells.

The main productive aquifer in the plain is a confined or semi-confined layer which usually lies between 60 and 125 meters from the surface.

The quality of the ground-water is generally suitable for irrigation and drinking purposes.

Ground-water is recharged principally by precipitation. The total annual recharge of ground-water from precipitation, surface streams and irrigation water combined is estimated to be 72 x 10^6 cubic meters. 22 x 10^6 of this being discharged by seeps, the estimated annual safe yield of ground-water in the plain is about 50 x 10^6 cubic meters. These figures are based on short-term hydrological observations. For reasons of accuracy in estimating the usable storage capacity of the plain, additional studies, experiments and observation work are being conducted on wells and surface waters.

According to results obtained so far, ground-water irrigation is feasible and should be practised in this plain.

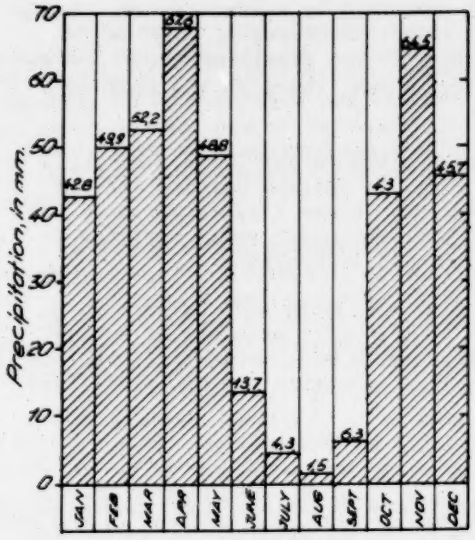


Fig. I - Graph showing the normal monthly precipitation at Elazig

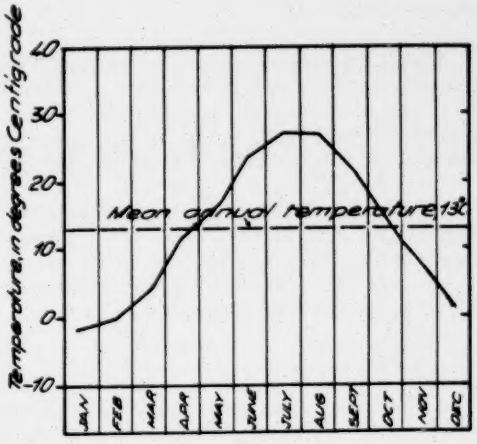


Fig. II - Mean monthly temperature at Elazig

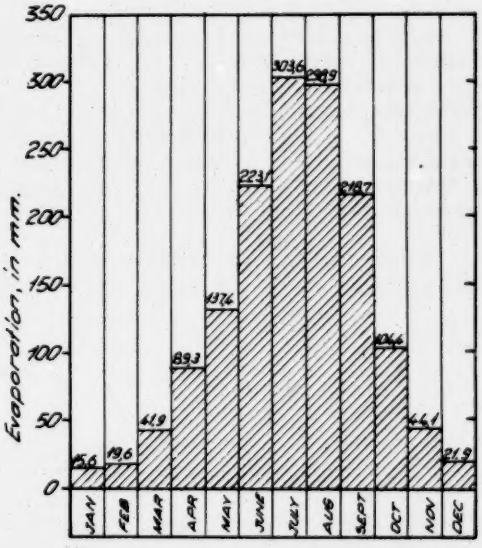


Fig. III - Graph showing the normal monthly evaporation from free water surface at Elazig

Note:

These graphs are based on data, collected from official climatological bulletins, for the period 1930 - 1950.

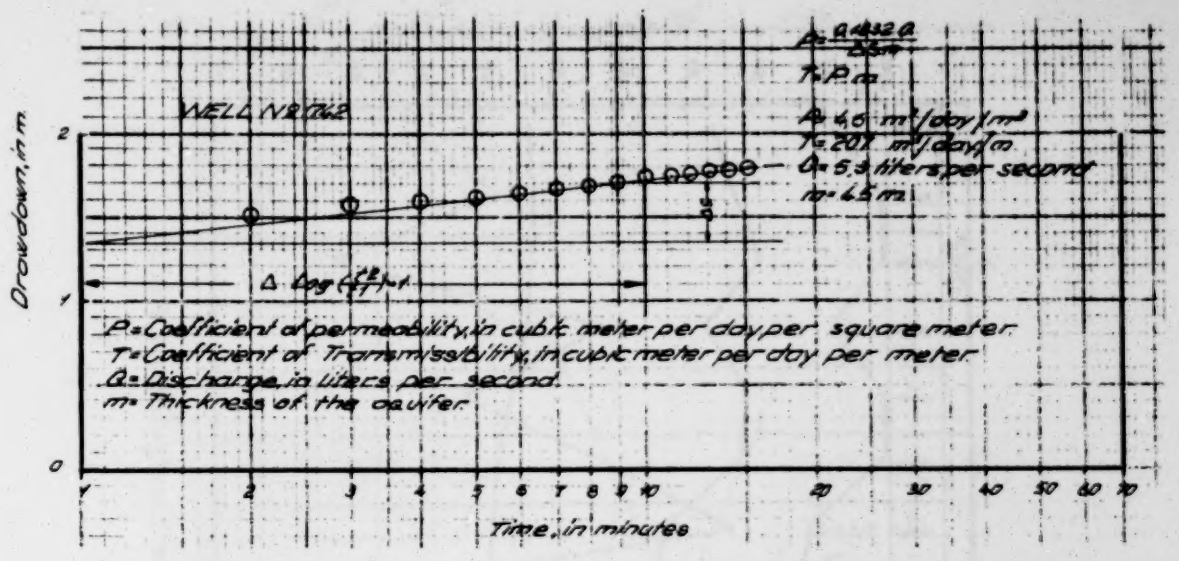

WELL Nº 1762
T = 0,1832 Q / Δs
T.P.m.
P = 4,6 m³/day/m²
T = 207 m³/day/m
Q = 5,3 liters per second
r = 6,5 m.
Δ Log (t2/t1) = 1
P = Coefficient of permeability, in cubic meter per day per square meter.
T = Coefficient of Transmissibility, in cubic meter per day per meter.
Q = Discharge, in liters per second.
m = Thickness of the aquifer.
Drawdown, in m.
Time, in minutes

Fig. IV - Coefficient of Transmissibility determined by Jacob method

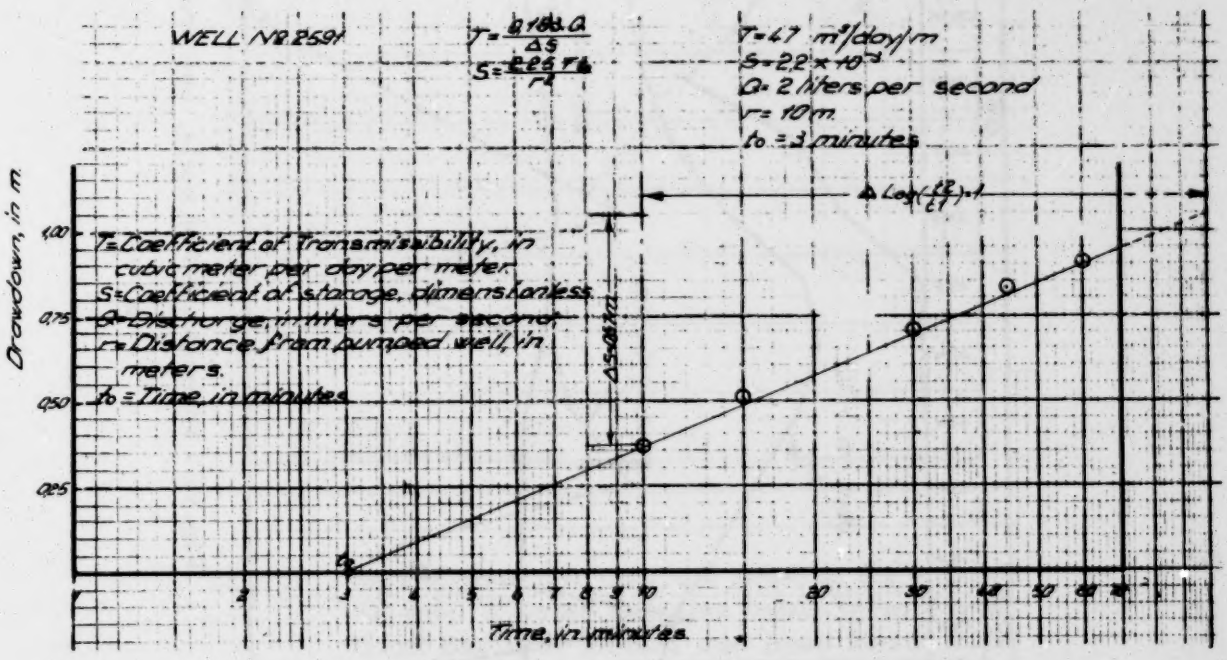

WELL Nº 2591
T = 0,183 Q / Δs
S = 2,25 T t0 / r²
T = 47 m³/day/m
S = 2,2 x 10⁻³
Q = 2 liters per second
r = 10 m.
t0 = 3 minutes
Δ Log (t2/t1) = 1
Δs = 0,25 m.
T = Coefficient of Transmissibility, in cubic meter per day per meter.
S = Coefficient of storage, dimensionless.
Q = Discharge, in liters per second.
r = Distance from pumped well, in meters.
to = Time, in minutes.
Drawdown, in m.
Time, in minutes

Fig. V - Coefficient of Transmissibility and storage by Jacob method

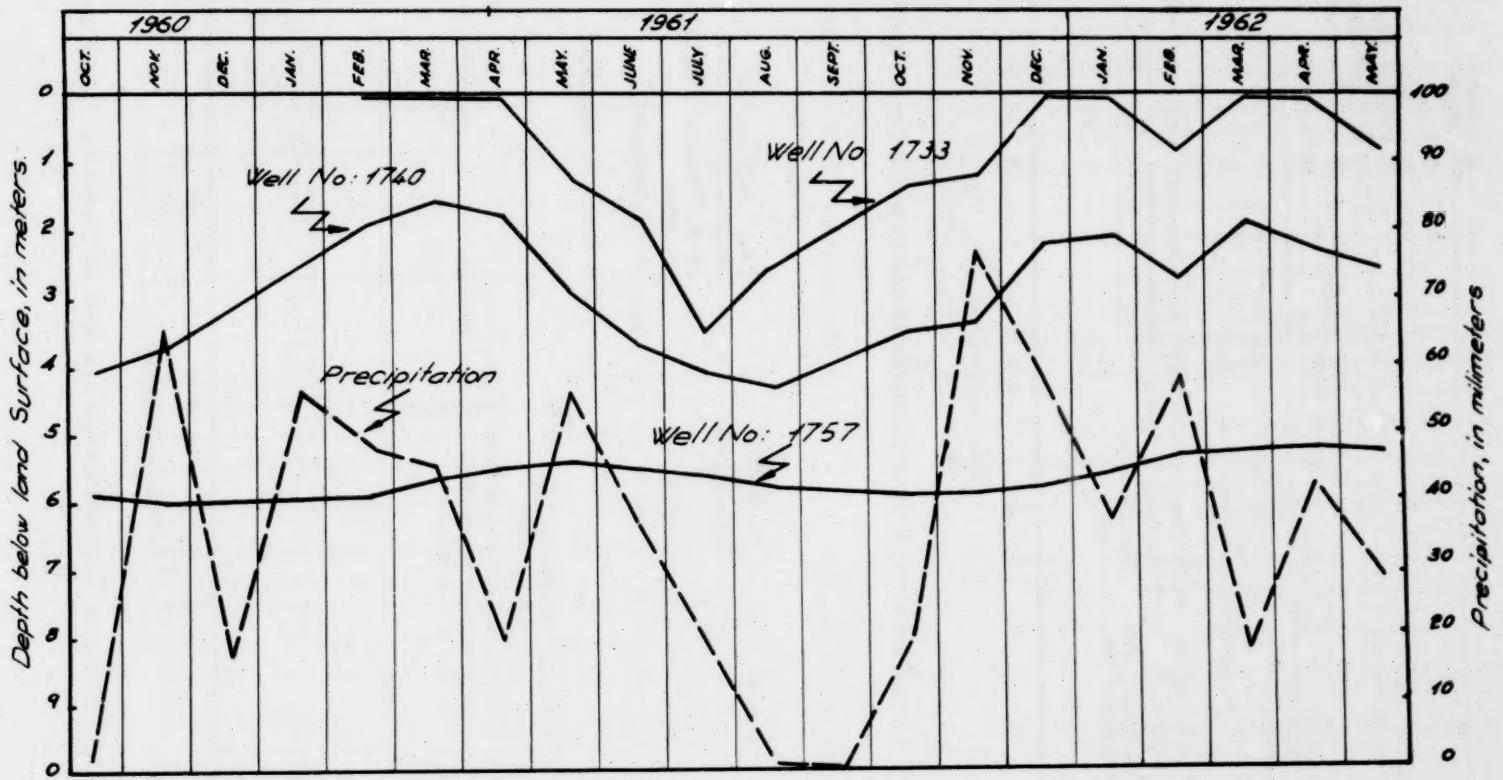


Fig. VI - Hydrographs of wells, and precipitation in Elazig-Uluova Plain

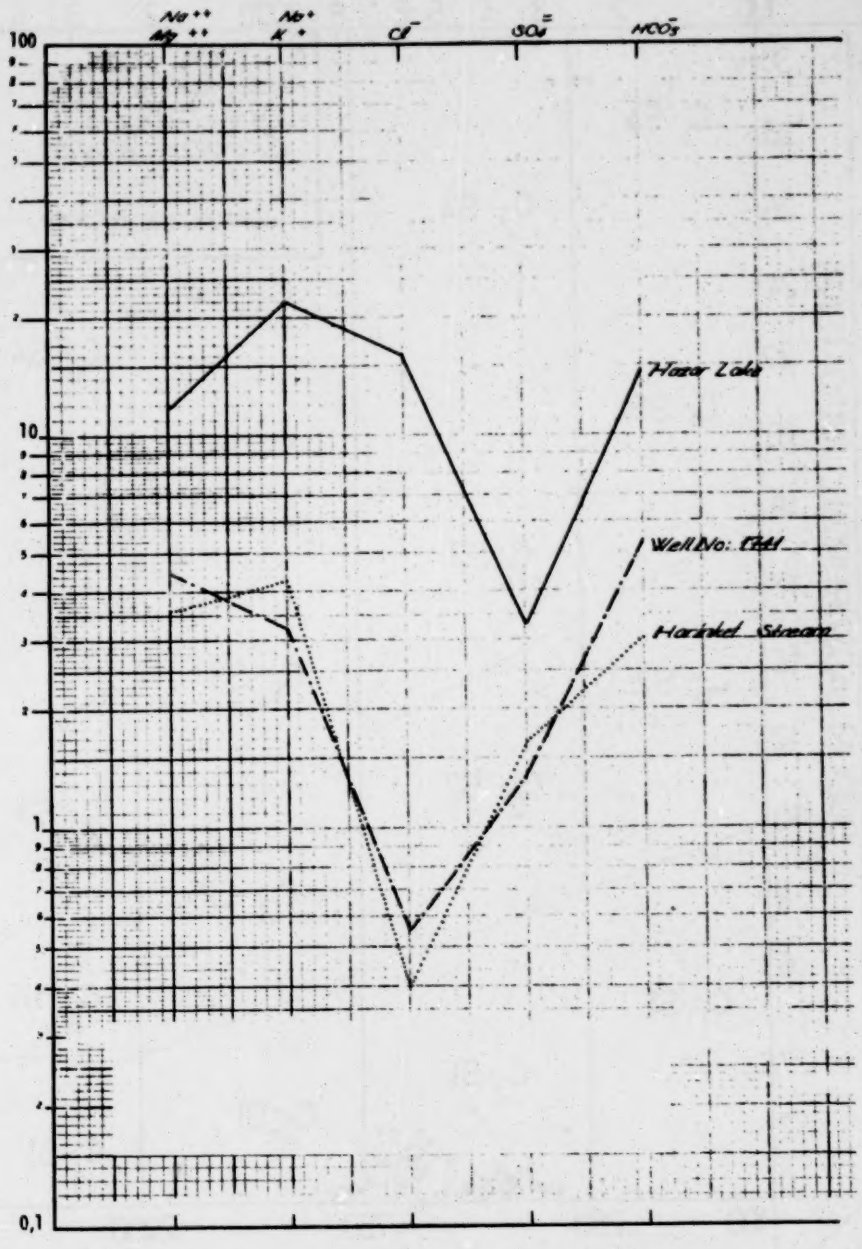


Fig. VII - Semilogarithmic diagram showing the relation between 3 water samples taken from a well from Harinket stream and from Hazor Lake

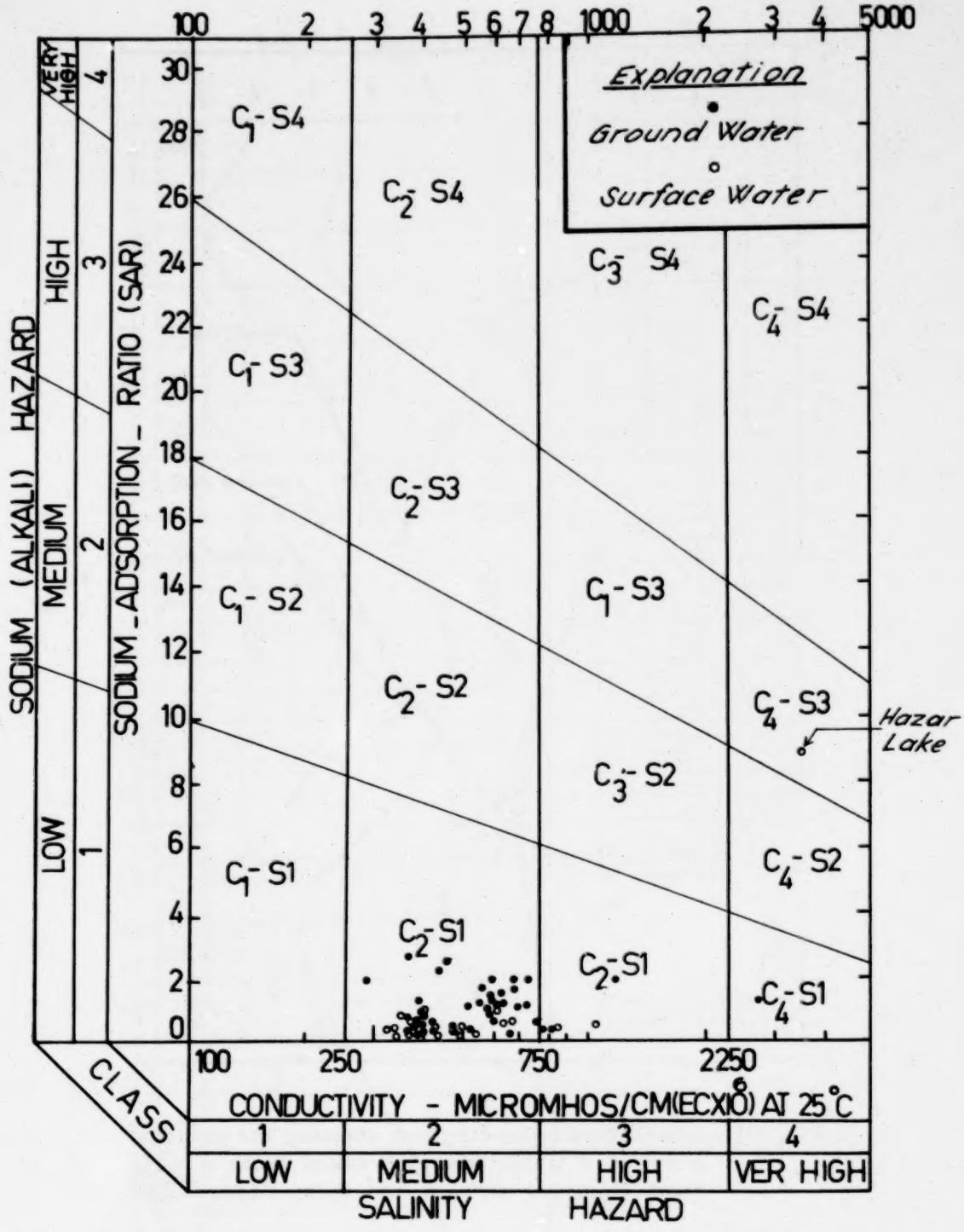


Fig. VIII - Classification of ground-water and Surface water in the Uluova plain

1833 E - Nov. 1962 - 1,600

E/CONF.39/A/381
26 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.4.2.5

Sénégal

L'ENERGIE SOLAIRE AU SENEGAL, SES APPLICATIONS

Par H. MASSON,
Doyen de la Faculté des Sciences de Dakar,
Directeur de l'Institut
de Physique Météorologique

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

L'ENERGIE SOLAIRE au SENEGAL - SES APPLICATIONS

Par H. MASSON
Doyen de la Faculté des Sciences de DAKAR
Directeur de l'Institut de Physique Météorologique

a) LA RADIATION SOLAIRE

i) L'absorption de l'atmosphère

Nous admettrons avec Johnson que la constante solaire aux confins de l'atmosphère est de 2 cal/cm^2/mn. Durant son passage dans l'atmosphère l'intensité du rayonnement solaire diminue considérablement. Cet affaiblissement a plusieurs causes.

Les molécules des éléments constitutifs de l'air et les impuretés qu'il contient diffusent le rayonnement.

De plus avant de parvenir au sol, les rayons solaires doivent traverser des milieux absorbants : une couche d'ozone et une couche d'air dont l'épaisseur varie avec l'inclinaison des rayons. Cet air contient de la vapeur d'eau et des poussières susceptibles d'absorber elles aussi le rayonnement. Il en résulte que le coefficient de transmission de l'atmosphère est fonction de la longueur d'onde et demeure inférieur à l'unité.

Cette considération est capitale si l'on veut étudier l'utilisation de l'énergie solaire dans certaines régions tropicales où l'état hygrométrique est fréquemment voisin de 100 % . Sous une même latitude, le coefficient de transmission peut varier considérablement. De même par temps sec, mais en période de brume sèche, l'intensité de la radiation solaire peut diminuer dans de fortes proportions.

ii) - La mesure de la radiation solaire

On conçoit l'importance de la mesure de la radiation solaire partout où l'on veut l'utiliser On se sert à cet effet de thermocouples montés en série. Le courant produit est proportionnel au flux calorifique incident. Il importe de protéger l'appareil contre les actions extérieures (vent, pluie) et de ne pas absorber la radiation incidente. Chaque fabricant a sa technique. Les piles thermoélectriques employées à Dakar, sont

des piles Volochine. Elles sont montées sur place et protégées par une double enveloppe hémisphérique transparente. L'étalonnage est effectué grâce à deux pyrhéliomètres Angström qui se contrôlent mutuellement.

Chacun de ceux-ci est constitué de 2 ensembles thermoélectriques identiques montés en opposition. L'un sous l'effet du rayonnement solaire devient le siège d'une force électromotrice E_1 L'autre s'échauffe sous l'effet d'un courant auxiliaire et engendre une force électromotrice E_2 . Quand $E_1 = E_2$, la puissance E_2 (connue) fournie par le courant auxiliaire est égale à la puissance du rayonnement solaire à l'instant considéré. Les coefficients d'étalonnage s'expriment en millivolt par calorie, par cm^2 , par minute.

Le rayonnement solaire peut être reçu sur une surface horizontale. On mesure alors la radiation globale I_g et l'appareil récepteur s'appelle un pyranomètre. On peut aussi disposer la surface réceptrice perpendiculairement au rayonnement solaire. Si l'on prend soin d'arrêter par un écran circulaire, le rayonnement venant du ciel pour ne conserver que le rayonnement du soleil on obtient la radiation directe I_D . L'appareil s'appelle alors un pyrhéliomètre. Il faut l'orienter dans la direction convenable. Pour des enregistrements continus, on utilise un mouvement d'horlogerie. Au contraire si, avec un disque plein ou un anneau, on arrête le rayonnement direct, pour ne laisser arriver que le rayonnement du ciel, on obtient la radiation diffuse I_e . Il faut évidemment avoir $I_g = I_D \sin h + I_e$, h étant la hauteur du soleil.

La lecture des valeurs instantanées est immédiate. Pour connaître l'énergie rayonnée au bout d'une journée il est nécessaire d'intégrer. On peut opérer par planimétrie. A Dakar on utilise actuellement un intégrateur MECI. Un compteur numérique indique à chaque instant le nombre total de calories enregistrées.

iii) Influence de l'orientation On sait que l'énergie w reçue par un plan faisant avec la direction du rayonnement un angle $\frac{\pi}{2} - i$

est donnée par la formule $w = w_o \cos i$, i étant l'angle d'incidence et w_o l'énergie incidente. Brown et Marco ont donné une méthode pour déterminer l'angle d'incidence i de la radiation solaire directe sur une surface.

Dans tous les cas, l'incidence, donc l'énergie captée dépend de la hauteur du soleil - La latitude du lieu est donc un facteur essentiel dans la détermination de l'orientation la plus favorable d'un insolateur.

Théoriquement la radiation globale journalière tombant sur une surface est maximum quand la surface est perpendiculaire aux rayons solaires à midi. Pour les régions non comprises entre les tropiques cette surface est orientée vers le sud. Pour les zones intertropicales, cette surface est orientée vers le Nord durant les périodes où le soleil culmine au nord. Pourtant on remarque un léger accroissement de l'énergie reçue quand on diminue un peu l'angle de la surface avec la verticale. Ceci est dû au fait que l'énergie captée, grâce à la variation d'inclinaison augmente légèrement durant la matinée ou dans l'après-midi. Cette augmentation compense la diminution correspondante au moment de la culmination.

L'influence de l'orientation du récepteur complique le problème de la captation de l'énergie solaire. Si l'on veut obtenir des températures élevées par un système réflecteur, il faut ajouter un dispositif d'orientation toujours délicat et onéreux. Si l'on se contente de collecteurs plans, il faudra encore tenir compte de l'orientation et modifier l'inclinaison de l'insolateur en fonction de la hauteur du soleil au moment de la culmination. Jusqu'ici, au Sénégal, il n'a pas été utilisé d'appareils à concentration des rayons. Leur construction, leur mise en place, leur entretien réclameraient des moyens techniques dépassant de beaucoup les possibilités des régions où ils doivent fonctionner. De plus, ils n'utilisent que la radiation directe. L'insolateur plan a l'avantage d'utiliser aussi la radiation diffuse émise par le ciel. Elle peut être importante dans les cas fréquents au Sénégal de brume sèche ou humide. Même avec les insolateurs plans, on a supprimé chaque fois que la chose a été possible, le système à orientation variable. La perte de rendement qui en résulte est compensée par la simplicité du fonctionnement.

iv) Les Résultats à DAKAR

Des mesures de rayonnement solaire ont été entreprises à Dakar en Décembre 1951. Depuis ce temps elles ont fait l'objet d'enregistrements continus. Depuis 1957, la radiation diffuse est aussi enregistrée. Jusqu'en 1960, la quantité totale d'énergie rayonnée dans une journée était obtenue par planimétrage. Depuis cette date, la radiation globale, la plus importante à connaître, est obtenue directement par simple lecture de l'intégrateur.

Chaque année la radiation globale passe par un maximum en Mars-Avril. A certains jours, elle atteint 700 calories par jour par cm^2 . Elle passe par un minimum en Août-Septembre, augmente souvent en Octobre, et on observe dans ce cas un 2ème minimum en Décembre. Les valeurs les plus basses enregistrées ont été de l'ordre de 200 calories/jour/cm^2

Si l'on admet une valeur moyenne de 500 calories par jour et par cm^2 pour une durée de 10 heures d'insolation par jour, on voit que l'on reçoit à Dakar une puissance moyenne de l'ordre de 0,5 Kilowatt par m^2 . Ce résultat est important si l'on envisage l'utilisation de l'énergie solaire. Il est intéressant de noter que la surface du soleil émet environ 75.000 Kilowatts par m^2 . La terre ne reçoit aux confins de l'atmosphère que 1,4 Kw, dont moins de la moitié,à cause de l'absorption parvient à la surface du sol.

v) Le Calcul de la Radiation globale

Si l'on veut utiliser l'énergie solaire, il importe de connaître l'intensité de la radiation au lieu même où l'on veut l'utiliser. Des conditions climatiques peuvent en effet amener des variations importantes d'un point à un autre, à cause de la présence dans l'atmosphère de corps absorbants. Parmi ceux-ci, l'eau est l'élément variable le plus important, qu'elle soit sous la forme de vapeur invisible ou sous forme de nuages. S'il n'y avait pas d'absorption il serait facile de calculer la radiation solaire en un point déterminé.

En réalité les choses se compliquent car l'atmosphère ne transmet pas intégralement la radiation. Elle contient de la vapeur d'eau

des gaz, des " grosses particules ", des gouttelettes qui absorbent, diffusent et réfléchissent le rayonnement. Il serait possible de calculer la valeur de la radiation transmise, connaissant la composition de l'atmosphère. Mais ce calcul est complexe et comporte un certain nombre de sources d'incertitude. De plus il ne tient pas compte de la présence de nuages. C'est la raison pour laquelle on préfère mesurer l'intensité de la radiation globale au lieu de la calculer.

Mais les pyranomètres sont chers. Ils demandent des enregistreurs ou des intégrateurs, chers eux aussi et un minimum d'entretien. Il n'a pas été possible jusqu'à présent de mettre au point au Sénégal un réseau pyranométrique. C'est à Dakar seulement que les mesures sont effectuées. Par contre, il existe dans la plupart des stations météorologiques des héliographes Campbell destinés à mesurer l'insolation. Puisqu'il existe une relation évidente entre la durée de l'insolation et l'intensité de la radiation globale, il est naturel d'essayer de calculer celle-ci en connaissant celle-la

vi) Relation entre la radiation globale et la durée de l'insolation

Il s'agit d'exprimer cette relation par une équation dont les coefficients numériques sont déterminés expérimentalement en un lieu où l'on dispose à la fois d'un pyranomètre et d'un héliographe Campbell. Dans ce qui suit, nous prendrons les résultats fournis par des mesures faites à Dakar, et nous supposerons qu'il est possible d'extrapoler aux autres points du Sénégal.

Angström avait proposé une relation de type linéaire

En fait, si l'on tient compte des faibles valeurs des coefficients, il semble préférable d'adopter avec Schuepp une relation non linéaire. La comparaison entre l'intensité de la radiation et la durée de l'insolation a été faite à Dakar avec les résultats obtenus de 1953 à 1961, soit une durée de 8 ans.

vii) Répartition de la radiation solaire au Sénégal

Moyennant ces relations, il est possible, connaissant l'insolation en un lieu donné, de connaître approximativement l'intensité de la radiation solaire en ce lieu.

La méthode manque évidemment de précision. Les principales sources d'incertitude sont :

1°) la mesure de la radiation au moyen de pyranomètres

2°) la mesure du temps de l'insolation au moyen de l'héliographe

Les résultats donneront donc seulement un ordre de grandeur. Les calculs ont été faits pour les localités où sont effectuées régulièrement des mesures d'insolation : Dakar (qui a servi de base) St-Louis - Thiès - Ziguinchor - Tambacounda. Les résultats concernent l'année 1956. Ils sont les suivants, en langleys par j/

	Dakar	St-Louis	Thiès	Ziguinchor	Tambacounda
J	514	441	520	417	461
F	512	528	560	520	544
M	552	541	560	547	554
A	584	574	577	517	584
M	533	530	520	501	547
J	509	504	506	417	504
S	455	488	509	380	458
A	436	478	444	305	412
S	474	481	464	412	399
O	520	492	533	464	492
N	530	501	550	544	520
D	429	380	444	436	412
Moyenne de l'année	509	495	517	458	495

b) LA CAPTATION de L'ENERGIE SOLAIRE

Les résultats que npus venons de calculer donnent la quantité de chaleur moyenne exprimée en langleys par jour (calories/ cm^2/jour) que le soleil envoie jusqu'au sol. Comme on peut le constater, l'énergie solaire est une énergie " très diluée " . Elle varie avec les saisons et n'est disponible effectivement que 10 h. par jour environ. Il en résulte que sa captation et sa mise en réserve posent un problème de première importance. Au Sénégal, aucun moyen n'a encore été envisagé pour la mise en réserve de l'énergie solaire.

La captation proprement dite se fait au moyen d'insolateurs ou échangeurs solaires qui transmettent l'énergie à un fluide. Les insolateurs peuvent être convergents ou plans. Les insolateurs convergents utilisent des systèmes optiques capables de concentrer sur une faible surface ou dans un faible volume l'énergie reçue sur une grande surface. Ils nécessitent l'emploi de surfaces optiques de construction très soignée. Ils permettent d'obtenir des températures très élevées (de l'ordre de 3000°C), mais ils sont extrêmement onéreux et d'un entretien délicat. Pour cette raison aucun appareil de ce genre n'existe encore au Sénégal.

i) - Les pièges à calories

Par contre les insolateurs plans sont d'une construction très simple. Ce sont des " pièges à calories " Ils sont constitués d'une substance transparente au rayonnement solaire de longueurs d'onde comprises entre 0,4 et 2,5 μ. Sous l'effet de la radiation solaire, l'insolateur s'échauffe et émet des radiations de grande longueur d'onde pour lesquelles la substance transparente est opaque. Cette dernière est généralement constituée de verre. Mais le verre présente l'inconvénient d'être coûteux et fragile. C'est la raison pour laquelle au Sénégal on procède actuellement à des essais portant sur l'emploi de matières plastiques telles que le Téflon, le Mylar, le Tedlar. Les résultats semblent encourageants. Ces matières plastiques résistent bien aux intempéries et restent intactes pour des températures ne dépassant pas 80°C. Malheureusement leur emploi en brousse est considérablement gêné par le fait qu'elles sont fragiles, et en conséquence facilement détériorées par les animaux. Le Mylar aluminisé a été employé avec succès pour fabriquer des réflecteurs paraboliques peu coûteux.

Les insolateurs plans ont l'avantage, nous l'avons vu, d'utiliser non seulement la radiation directe, mais la radiation diffusée par le ciel dans le cas d'un temps nuageux. Il faut, leur rendement est relativement faible et ne paraît pas dépasser 45 à 50 %. De plus, la température atteinte par le fluide exposé au rayonnement est de l'ordre de 60 à 65°C. Les calories sont à " bas potentiel " et plus difficiles à utiliser.

ii) - Les Surfaces sélectives

Pour cette raison les recherches ont porté depuis quelques années sur les surfaces sélectives. On dispose

sur la surface à échauffer un revêtement constitué par un film semi conducteur. On sait que le coefficient d'absorption d'un semi conducteur augmente considérablement quand l'énergie des photons incidents est voisine de l'énergie de sortie. Des électrons sont alors libérés et émigrent dans la bande de conduction.

Des essais sont actuellement en cours à Dakar où l'on utilise différents revêtements, et en particulier ceux de Tabor. Les rendements des insolateurs se trouvent considérablement augmentés. Malheureusement le prix de revient de ces revêtements est encore mal connu.

c) Les Applications de l'Energie Solaire

Elles sont multiples. Certaines comme le chauffage des maisons ne font pas l'objet d'études au Sénégal. Nous les passerons sous silence.

i) Le chauffage de l'eau

C'est une des applications les plus courantes de l'énergie solaire. Il existe partout dans le monde des appareils de modèles variés. Depuis 5 ans à Dakar des chauffe-eau " Radiasol " sont en service. L'eau circule par thermosiphon dans un insolateur de $2m^2$ environ. L'accumulateur a une capacité de 200 litres. Plusieurs insolateurs et plusieurs accumulateurs peuvent être jumelés. Par les matins les plus froids d'hiver, quand la température est de l'ordre de 12°C, on peut obtenir après une journée normalement ensoleillée, de l'eau dont la température atteint 40 à 50°C. La température moyenne de l'accumulateur varie évidemment avec son débit.

Une étude systématique de l'appareil a montré que sur 100 calories incidents, 74 seulement parviennent à l'insolateur (pertes par réflexion, convection, rayonnement), et 52 parviennent à l'accumulateur. Sur ces 52, 4 sont rayonnées, 17 servent à échauffer les parois, 31 sont recueillies par l'eau d'utilisation. Le rendement total est donc d'environ 30 % . Il paraît difficile d'améliorer ce rendement sans augmenter considérablement le prix de l'appareil. Tel qu'il est constitué, il fournit facilement de l'eau pour les besoins domestiques d'une famille de 4 personnes. Pour les collectivités, il convient de jumeler plusieurs appareils. La température de sortie peut facilement s'évaluer si l'on connaît

la radiation solaire incidente, la surface de l'insolateur, la quantité d'eau à échauffer, sa température initiale et le rendement (ici 30 %). L'emploi d'un revêtement semi conducteur sur les plaques de l'insolateur permettrait sans doute d'augmenter ce rendement. Des essais sont en cours.

ii) La Production d'eau douce

Il s'agit de produire de l'eau douce L'idée n'est pas nouvelle : En 1872 fonctionnait au Chili un distillateur solaire de 5700 m^3 capable de fournir journellement 22.000 litres d'eau distillée. L'appareil a fonctionné 36 ans.

La distillation solaire paraît particulièrement importante dans les régions arides, fortement ensoleillées, où l'on ne trouve par contre que de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre. Il existe plusieurs modèles de distillateurs : Le distillateur flottant de Maria Telker, destiné à fournir de l'eau aux naufragés, le distillateur à étoffe noircie imbibée d'eau saumâtre et chauffé au soleil, le distillateur à concentration de petite dimension le distillateur à plan incliné. C'est ce dernier qui est utilisé actuellement à Dakar.

On définit le rendement d'un distillateur

$$\rho = \frac{\text{Quantité de chaleur utilisée pour la distillation}}{\text{Quantité de chaleur reçue du soleil}}$$

Le rendement du distillateur à plan incliné est d'environ 50 %. Il fournit en moyenne 4 litres d'eau par jour et par m^2. En mettant plusieurs plateaux en parallèle dans l'appareil, on augmente le rendement, mais le prix du litre d'eau recueillie augmente également.

Que faut-il penser de l'avenir de ces appareils ? Ils semblent bien adaptés aux petites installations dans les régions chaudes. Par contre ils ne semblent pas convenir pour des installations importantes. On estime que dans les régions arides, les besoins de 1000 familles s'élèvent à 40.000 litres d'eau par jour, soit une surface de 10.000 m^2 , ce qui est acceptable. Par contre dans une région industrialisée, on estime à 400 litres les besoins journaliers d'un individu. Une ville d'un million d'habitants devrait réserver aux distillateurs solaires une surface de

100 kilomètres carrés ! ! ! . On pourrait imaginer des distillateurs plus compliqués, par exemple des distillateurs à multiples effets dans lesquels la chaleur de condensation sert à chauffer l'eau à distiller. Le rendement est plus grand, mais le prix de revient augmente aussi. Peut-être le problème changerait-il d'aspect si l'on prévoyait l'emplacement du distillateur lors de la construction de la maison. Un mètre carré de distillateur fournit en principe de l'eau de boisson à un individu et revient approximativement au prix d'un mètre carré d'une habitation modeste.

Signalons enfin qu'une usine utilisant l'énergie thermique desmers produirait des quantités d'eau douce allant de 2 à 400 tonnes par jour, suivant la puissance de l'installation.

iii) La Cuisine solaire

Les insolateurs plans permettent d'obtenir des températures inférieures à 100°C. Leur emploi pour la cuisine est donc limité. Par contre, les systèmes à concentration employés pour la cuisine ne demandent pas un perfectionnement technique aussi poussé que dans le cas des fours solaires industriels. Une température de 200°C apparaît ici comme suffisante. Un appareil rudimentaire constitué de feuilles de mylar aluminisé sur une forme en ciment grossièrement parabolique donne déjà des résultats intéressants.

La grandeur d'une cuisinière solaire dépend de la puissance demandée. Une puissance de 1 kilowatt permet de porter 2 litres d'eau à l'ébullition en 10 minutes. Pour obtenir cette puissance avec une cuisinière solaire d'un rendement de 50 %, il faut capter le rayonnement sur une surface minimum de 2 m^2 . En fait, on peut se contenter de puissance de 0,2 kw et d'un rendement de 30 % , si l'on emploie des appareils moins perfectionnés. Dans ce cas la surface minimum du réflecteur est de l'ordre de 0,75 m^2 . Son prix, dans le cas du mylar aluminisé ne dépasse pas 3.000 Frs CFA en supposant une fabrication en série.

A Dakar, plusieurs essais ont été effectués, soit avec du matériel étranger, soit avec du matériel fabriqué sur place. Il faut pourtant reconnaître que même dans un pays de forte insolation et dépourvu de combustible, l'emploi de ce genre de cuisinières ne se généralise pas. On leur reproche d'être inu-

tilisables avant le lever du soleil et après son coucher. Ils sont relativement chers pour ceux à qui ils sont destinés. Ils sont peu pratiques. Au congrès de ROME en 1961, le délégué d'un pays où les régions arides sont nombreuses, a déclaré " J'ai offert à ma mère, personne cultivée, une cuisinière solaire d'un modèle perfectionné. Elle ne s'en sert pas et préfère brûler du bois qu'elle va parfois chercher bien loin " . Il faut en conclure qu'en dehors des osbtacles techniques ou financiers exposés plus haut il y a lieu de tenir compte des obstacles psychologiques.

iv) La Photosynthèse

Tous les jours, grâce à l'assimilation chlorophylienne, la feuille utilise l'énergie solaire pour faire la synthèse des composés organiques en partant du gaz carbonique et del'eau. Elle élabore ainsi les hydrates de carbone, le sucre, l'amidon, les huiles, les protéines qui lui sont nécessaires, et dont les animaux sont les bénéficiaires.

Examinons le rendement de l'opération dans le cas de l'arachide, une des principales ressources du Sénégal. On suppose que le rendement d'une culture est de 600 kg par hectare. Ces 600 kg se répartissent comme il suit : 180 kg de coques, 210 kg d'huile, 210 kg de tourteaux, dont les pouvoirs calorifiques sont respectivement 3500, 10700, 4500, soit une production de moyenne de 3.800.000 Kilocalories à l'hectare, ou 38 cal/cm^2 . On estime que l'arachide se développe en 3 mois. Supposons que la plante semée le 1er Juillet soit récoltée le 1er Octobre. Elle aura reçu du soleil durant ces 3 mois, une quantité de calories qu'on peut évaluer pour le Sénégal à 52.000 calories/cm^2.

$$\text{Le rendement } \rho \text{ est donc } \rho = \frac{38}{52.000} \# 0,07\ \%$$

Y a-t-il moyen théoriquement de l'améliorer ? Oui si le rendement théorique de la photosynthèse est supérieur à cette valeur. On sait que l'énergie lumineuse sert à fixer le carbone suivant la relation :

$w = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. L'énergie d'un photon jaune est donc

$$w = \frac{6.62 \times 10^{-24} \times 3 \times 10^{8}}{0.5 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{-9} \text{ joule.}$$

Si un seul proton était suffisant pour fixer un atome de C il faudrait pour fixer un atome gramme de carbone :

$$\frac{6.02 \times 10^{23} \times 4 \times 10^{-9}}{4.18} = 57.000 \text{ calories}$$

Mais d'après F. Daniels, 8 quanta de lumière sont nécessaires pour fixer chaque atome de carbone. Il faudra donc pour fixer un atome gramme $57 \times 8 = 456$ kilocalories. Le pouvoir calorifique du charbon est d'autre part 9000 calories. Un atome gramme en brûlant dégage donc $9000 \times 12 = 108.000$ calories. Le rendement de la photosynthèse est donc dans ce cas $\frac{108}{456} = 0.24$

Dans ce qui précède, on a supposé que toute la lumière avait une longueur d'onde de 0.5 μ . Si la moitié seulement de la radiation solaire est effectivement utilisable, le rendement devient 0.12 . Il est considérablement supérieur à la valeur 0,0007 trouvée précédemment. Il y a donc possibilité d'amélioration.

De nombreuses expériences sont entreprises dans tous les pays en vue d'améliorer ce rendement. A Dakar on a essayé d'accélérer sous l'effet de la radiation solaire, la croissance d'un mélange d'algues apparues spontanément dans un bassin. Il s'agit d'un ensemble : Chlorelles, Senedesmus, Chlamydomonas, Cosmarium.

L'analyse chimique a révélé que ce mélange pourrait être utilisé avec profit comme matière alimentaire. Il contient en effet 12 % de protéines. Des cobayes ont été nourris durant 4 mois d'un mélange de ces algues.

On a ensuite essayé d'accélérer la croissance de ces algues en les immergeant dans un milieu riche en CO^2 , sous des intensités lumineuses variables. Les résultats étaient encourageants, Les expériences ont été interrompues faute de personnel désireux de poursuivre ce genre de recherches. Il n'est pas interdit d'envisager dans l'avenir une vaste culture d'algues destinées à l'alimentation. Il faut noter toutefois que de telles installations supposeraient la présence d'eau et de soleil.

v) La Production de Force Motrice

En théorie la transformation de la chaleur solaire en force motrice ne présente aucune difficulté. Nous avons grâce au soleil, une source chaude, grâce à l'air

ambiant, une source froide. Mais on sait que le rendement théorique maximum d'une machine thermique ρ est fonction des températures T_2 et T_1 des sources chaudes et froides $\rho = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$

Si l'on utilise un four solaire capable de fournir une température de 3000°C, ρ atteint 88 % . Par contre une machine thermique fonctionnant entre 100 et 15°C n'aura qu'un rendement théorique de 22 % . Nous avons vu les raisons pour lesquelles il est préférable de ne pas utiliser de systèmes à concentration. Il faut donc s'attendre dans ce genre d'applications au Sénégal à des rendements théoriques faibles. Les rendements pratiques donneront des valeurs inférieures aux précédentes.

a.) La Pompe Somor

Le problème est maintenant de trouver des fluides capables d'actionner un moteur thermique dans un intervalle de température de 60 ou 70°C à 20 ou 30°C . Les premiers essais de production de force motrice à partir du soleil ont été faits à Dakar avec une pompe Somor. Comme son nom l'indique, son but essentiel est d'amener en surface grâce à l'énergie solaire, l'eau d'irrigation. Avant d'être utilisée, cette eau sert à refroidir et à liquéfier le fluide.

Cette pompe à Dakar peut en moyenne fonctionner chaque jour de 9 h. du matin à 5 h. du soir. Elle fournit actuellement 7 litres d'eau à la minute. Le moteur, au début de son fonctionnement, tournait à 100 tours/minute et fournissait environ 10 litres d'eau à la minute. Actuellement, en raison de son usure, il ne tourne plus qu'à 70 tours/minute. La pompe fonctionne depuis 3 ans. Sa capacité thermique est suffisante pour supporter sans s'arrêter, une absence de soleil durant plusieurs minutes. La distance entre le niveau de l'eau dans le puits, et le point le plus haut de la conduite de refoulement, est en fonctionnement normal de 3 m. Des essais ont été faits pour une distance totale de 16 m. Pour cette hauteur le dispositf actuel fonctionne irrégulièrement.

L'entretien de cette pompe est pratiquement nul. Il faut la lancer chaque matin, et l'orienter deux fois par jour.

Le fluide utilisé est le gaz sulfureux. L'insolateur est composé de tubes réunis par une plaque noircie. Il a un rendement d'environ 45 % . Le rendement thermique est, nous l'avons vu, assez faible à cause des faibles différences de températures utilisées. Il ne dépasse pas 7 % . Enfin la partie mécanique du moteur et de la pompe ont chacune un rendement de 50 % environ. L'ensemble du dispositif a donc un rendement faible de l'ordre de 0;45 %. Etant donné que l'énergie solaire est disponible en quantités illimitées, ce faible rendement n'a pas d'importance. Le véritable problème est le prix de revient de l'ensemble.

b.) Possibilités d'amélioration

Des recherches très actives sont actuellement en cours à Dakar pour savoir s'il est possible d'augmenter ce rendement sans majorer les prix d'une manière prohibitive. Les modifications envisagées porteraient sur une meilleure captation de la chaleur solaire, le choix d'un fluide mieux approprié, une amélioration des coefficients d'échange. Les essais en cours sont satisfaisants, et un prototype doit être mis en action incessamment. Dans un deuxième stade de recherche, on se propose de supprimer le système alternatif pour lui substituer un système rotatif. La réalisation de ce projet dépendra des possibilités du laboratoire.

c.) Prix d'un moteur solaire

Au stade des prototypes, il est difficile de déterminer le prix de revient d'un appareil. Une fabrication en série modifiera profondément les données actuelles. Il est envisagé de n'employer que des pièces déjà fabriquées en série, ou pouvant facilement être fabriquées sur place. Il en résulterait un abaissement sensible du prix de revient.

1834 F - Nov. 1962 - 1,000

E/CONF.39/A/382
26 Nov.1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.4.3.4

Uganda

TRAINING THE NECESSARY CADRES FOR THE OPERATION AND MAINTENANCE OF POWER INSTALLATIONS

By Erisa KIRONDE, M.A.,
Chairman,
Uganda Electricity Board

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

TRAINING THE NECESSARY CADRES FOR THE OPERATION AND MAINTENANCE OF POWER INSTALLATIONS.

BY

ERISA KIRONDE, M.A.
Chairman
Uganda Electricity Board

1. The dominant factor in the Uganda Electricity Board's policy in training has been cost. Initially, the Board's services were operated almost entirely by expatriates. These were the days, starting in 1948, of organising the finance, building the Owen Falls Dam and the transmission lines, the days of capitalisation of interest, the days of faith. A specific training scheme for artisans had been inaugurated in 1955 and a more ambitious programme had been started in the Accountancy Department. By 1958 most of the mechanised accountancy work was being done by Africans and in that year the Board decided to appoint a whole-time Training Officer with a wide brief. Politically the Board had to get local roots and financially so to develop as to be able to meet its onerous liabilities in regard to £30 millions of capital expenditure. The organisation had to be planned so as to employ the cheaper local people for whom overheads were lower, whom it did not have to send overseas on leave, to whom it did not provide free housing, ad infinitum. An immediate policy decision was that no new stenographers would be recruited overseas and this, in 1958, was revolutionary.

2. The administrative and particularly the accountancy sides were able to get off to a quicker start than the engineering. In the former branches the Board started recruiting basically educated people and on these trained minds grafted experience on the job. There was no insistence on professional qualifications, the approach being to accept whatever discipline the mind had been trained in and with guidance by the experienced expatriate who was to be encouraged to work himself out of a job, giving increasing challenges until the local person was competent and confident to take over. The expatriates recruited on permanent and pensionable terms, had to be offered attractive alternative terms of service so that they could pick up a lumpsum as soon as they had trained their replacement. The sooner they trained a replacement, the sooner they could get back to England to find alternative employment.

3. The Board planned its staffing requirements to discover when each expatriate should leave the Board's service and gave new contracts accordingly. The following table with actual figures up to 1962 shows, for 1963-1966, the targets the Board has set itself to achieve.

ESTIMATE OF SENIOR STAFF TO 31ST DECEMBER, 1966

At 31st Dec.	Total	Expatriates	African	Asian
1958	160	158	1	1
1959	150	147	1	2
1960	127	122	2	3
1961	116	108	4	4
1962	122	96	13	13
1963	137	77	40	20
1964	143	61	60	22
1965	145	40	70	35
1966	148	27	80	41

4. By the nature of things, expatriate artisans have been regarded as senior staff in contrast to normal practice elsewhere. When these skills are transferred to local people, the Board hopes to regrade them in the establishment in their normal positions.

5. Again by the nature of things, the set pattern of job choice for Africans does not, as yet, include engineering but fortunately Uganda has a large Asian community which is more technically minded. This may well result in an over-production of Asian engineers. Today the Board has 33 engineers but is hoping to reduce this number and train up many more technicians with fewer engineers. Yet there are, to the Board's knowledge, up to 47 Uganda Asians training to become Electrical Engineers in the United Kingdom alone. There are only 7 Africans in training while the Board, of its 33 engineers, has only 2 African Electrical Engineers.

6. By the award of vacation scholarships, the Board is trying to break down the African non-technical background by inviting school children in their pre-final year at school to spend ten days on job locations in the power house, training yards and elsewhere in an attempt at informing them of the opportunities open to them. On top of that, all Uganda students studying for engineering courses at the Royal College, Nairobi, are given six months' employment between their acceptance and taking up of courses at the College, again in an attempt to inform them of what is involved in engineering in all directions. The Board attaches the greatest importance to these opportunities as the African has to be effectively involved in engineering, if only to anticipate extreme pressure, likely to appear if it is only Asians, though Uganda born, who are running such industries as the Board's.

7. The Board's Hollerith Section must be unique in Africa in that it is entirely supervised and manned by local people. This section serves 33,000 consumer accounts per month, wages for 1,600 employees, analyses 7,000 stores classifications, tabulates and collates invoices for all payments and prepares analyses for the costing department in addition to many other duties. All operators have been trained locally and selected supervisors are intersent on 3-4 months' courses in the United Kingdom.

8. For its commercial staff, again the Board decided not to recruit overseas at all but to advertise for well-educated local people and to train these up. The London Electricity Board seconded an experienced Commercial Officer for a 2-3 year period to train the recruits who were graded as potential Commercial Officers (4), Commercial Assistants (13) and Demonstrators (8). All the Commercial Officer Cadets were, as part of their training, sent on 9 months' courses, arranged by the Electricity Council, in the United Kingdom. Selected Commercial Assistants were also sent on these courses in the United Kingdom.

9. In 1961 the Board approached the Ford Foundation for assistance in studying its training methods in the hope that it could place its findings at the disposal of other employers. In defining the training problem, representatives of the Board and the Foundation decided on a three pronged attack. In the first instance, the need of job analysis to define the skills to be transferred was given priority and this has been performed by a London firm of business consultants. This firm has made interim reports to the Board and some of their findings such as splitting the post of a highly qualified and experienced expatriate into two less diffuse but more specialised posts for local persons confirm a policy on which we ourselves had already embarked. Another issue isolated was the human problem - a greater problem in Africa today with the political changes than would be the case elsewhere. An American psychologist has been recruited, with assistance from the Foundation, to assist the Board's Personnel Officers in studying this live problem. Thirdly the Board is shortly getting a Scandinavian engineer with an educational background to assist it in transferring the skills isolated through the job-analysis phase from expatriates to local people. The Board hopes to by-pass the traditional patterns of training and in a crash training programme concentrate on transferring the essential skills.

10. Up to recently the Board had aimed at encouraging Africans to take up engineering but with pressure it has recently changed direction and decided instead to concentrate on the training of technicians. In spite of a two year attempt to recruit a qualified Instructor, the Board failed and, preparing for City and Guilds Course 57 which insists on such an Instructor, has recently placed 20 students in the local Kampala Technical Institute for the Ordinary National Diploma with promise that the best of these will be sent on further studies abroad at the end of this training. The Board was anxious for an industry-based course though and, through the Electricity Council in London, is placing another 8 with Electricity Boards in England for a two year training period with day release and sandwich courses at Technical Schools in the hope that they can get back to Uganda and be put in job locations with qualified technicians for another two years till they are capable and confident of running districts. All this might mean a re-organisation of the Board into smaller units to take the place of the large Areas of today.

11. For linesmen and other artisans, the Board has run five year apprenticeship schemes with 6 months' residential courses at its Training Centre. We have had fair results (Appendix refers) but too often it is sad to see an able experienced man's chances diminished because of lack of English, a language necessary for the safety rules. The Board tries to give such cases English lessons at the Training Centre to assist them get through their Grade I tests.

12. For Clerks, there are Internal Correspondence Courses, success in which mean automatic financial rewards.

13. Theoretically a man can join as an unskilled labourer and with diligence, rise to be Chief Engineer, Chief Accountant or Secretary. The avenues of promotion charts have deliberately been drawn, and circulated, with this in mind. In practice, lack of English or basic education still militate against this but with improved educational opportunities, the Board hopes this will one day be possible.

APPENDIX

U.E.B. PROGRESS BY SEPTEMBER, 1962

	Dec. 1959	Dec. 1960	Dec. 1961	Sept. 1962
Artisans Qualified in Trade Tests Grades II and III	42	157	195	214
In Grade I	4	13	25	30
	46	170	220	244

	1959	1960	1961	JAN-SEPT 1962
Trainees on various internal local courses (excluding Vacation Trainees and Correspondence Course candidates) during the year	63	89	132	141
Number of above transferred to permanent staff	-	17	34	30

1836 E - Nov.1962 - 1,600

E/CONF.39/A/383
26 Nov.1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.3.3.1

Turkey

GROUND-WATER PROSPECTING IN TURKEY

By Ali ORHON, D.Sc. Eng.,
Head of Division,
Kazim KARACADAG, Eng.,
Technical Adviser,
and Ali OZKAN, D.Sc.Geol.,
Director, Investigation
and Planning Section,

Ground-water Division,
Directorate General of State
Hydraulic Works

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

No. 1417

A.3.3.1.

GROUNDWATER PROSPECTING IN TURKEY

by

Ali ORHON, D.Sc. Eng., Head of Division
Kazim KARACADAG, Eng., Technical Adviser
Ali OZKAN, D.Sc. Geol., Director, Investigation and Planning Section

Ground-Water Division, Directorate General of State Hydraulic Works

A - INTRODUCTION

Geographically Turkey is situated amid arid and semi-arid regions. The country spreads over two adjacent continents with Thrace, its smaller part in Europe and Anatolia, its larger part, in Asia. Generally speaking, Turkey is a peninsula surrounded by the Black Sea in the north, the Aegean Sea in the west, and the Mediterranean in the south. The Taurus ranges in the south and the Northern Anatolian ranges in the North, cross the country from East to West, parallel to the northern and southern coastlines. Parallel to the outer skirts of these ranges lie the Eastern and Southern Coastal Plains and the South-Eastern Anatolian Plains. The high plateau of Anatolia lies between these two ranges.

In the West, wide valleys and plains spread between mountain ranges that extend perpendicular to the shore lines. The Eastern regions of Anatolia are generally mountainous, with local high plains and plateaux.

The total surface area of Turkey is 776,980 sq.kms. and its present population is approximately 30 millions, of which 21 millions dwell in villages and 9 millions in towns and cities. Generally, population is denser in coastal areas where rainfall and surface water possibilities are favorable. Among many factors, rainfall and water resources play the most important part in the distribution of population over the country.

Areas where varying climates prevail exist in Turkey, depending on local topographical and geographical conditions.

Nevertheless, the major part of the country, outside of those areas where microclimatic conditions prevail, is essentially under the influence of arid and semi-arid climatic conditions. For example, in inland areas such as Central, Eastern and South-Eastern Anatolia, and the Western part of Thrace arid or semi-arid conditions prevail. In most of these regions rainfall is between 300-400 mm. or less; in others between 400-600 mm. at most. Further, rainfall occurs in winter and spring, well outside the growing season, while the weather becomes dry and hot during the growing season.

More than 70% of the population is engaged in agriculture. Since Turkey is now in the stage of slow industrial development, agriculture constitutes the mainstay of the national economy. Population growth is much higher in comparison with other countries.

In order to support these increments on the one hand and raise the standard of living of the whole population on the other, two things must be done :

1) Develop agricultural sources of supply to a level that will amply and economically meet the national demand,
2) Develop local industry to a level that will assist a rational agricultural development

Therefore, development of land and water resources and the application of modern irrigation methods in agriculture are matters of vital importance to Turkey.

As pointed out above, rainfall is generally low in Turkey. Therefore, it is imperative that irrigation water be supplied from other sources than just surface water alone in most agricultural areas. Turkey is divided into 26 different drainage areas The study of these has shown the surface sources of water-supply alone are far from meeting irrigation water demands, and resort must be made to groundwater sources to compensate for the deficit in surface water, by a simultaneous development of both. Some regions of Turkey are completely deprived of surface water. In these regions, groundwater is the only source of supply and must be developed rapidly. Besides its importance in irrigation water supply the subject of groundwater development bears an equally important value on village, town and city drinking water supply. There are actually 30,000 villages and towns

with no, or very little water, whatsoever. A reconnaissance survey has shown that, out of all such communities, in at least 8,000-10,000, household water must be supplied from underground sources.

On the basis of the above-mentioned facts, the development of our groundwater ressources to meet irrigation, drinking and household water demands, is a matter of prime importance.

B - AGENCIES ENGAGED IN GROUND-WATER PROSPECTING

The Ground-water Division of DSI is the largest organisation in Turkey that is engaged in ground-water, foundation and drainage investigation drilling.

Besides this state organisation there are a few smaller official, and private agencies also engaged in similar work, only on a much smaller scale.

(a) Government Agencies At present, the Electrical Investigation Administration (ZIKI), the Municipal Bank of Turkey (İller Bankası), the Mine Investigation and Prospection Institute (M.T.A.E.), the Directorate General of State Reproduction Farms, the Directorate General of Ankara and Istanbul City Water, the Sugar Plants Co., the Wool, and Mohair Cooperative, are the official or semi-official organisations engaged in drilling work in Turkey.

The (D.I.S.I) is engaged novadays only in foundation investigation drilling for large state construction work with half a dozen drill-rigs it owns and operates, although it has drilled water wells for a number of villages and towns in the past.

The Municipal Bank of Turkey has drilled in collaboration with a certain private company, drinking water wells for a number of villages and towns under 3000 population. Actually the Bank is planning to organise a drilling branch of its own to continue with drilling, along the same lines.

The (M.T.A.E) has also drilled a number of drinking and irrigation water wells in the past, indifferent parts of the country. The Institute is actually engaged in lignite and other mineral prospections only.

The Directorates General of Istanbul and Ankara municipalities, both and operate several drill-rigs for water supply purposes to meet these two cities water demands. The rigs are of the type that can drill shallow wells only.

The Directorate General of Sugar Plants is engaged in drilling wells for Farmers Unions and Sugar Cooperative in areas where sugar beet is produced in various regions of the country. The organisation owns and operates two 1500 capacity rotary rigs to do this job.

The Wool and Mohair Co. owns 2500' capacity rotary rigs with which it drills water wells in collaboration with a private firm.

Apart from these, the Directorate General of Land and Water, a state organisation attached to the Ministry of Agriculture, is actually organising and equipping itself with adequate machinery and personnel to drill production wells to supply irrigation water where it is needed.

(b) Private Agencies Besides the above mentioned official and semi-official agencies, there are approximately a dozen other private companies that own and operate a variety of drill rigs, of various types and capacities. Two of these companies own about ten 1500'or higher capacity rotary or percussion drill rigs operating in foundation investigation and deep well drilling. The remaining companies generally are just small organisations equipped with none but locally manufactured small rigs capable of drilling shallow wells only.

In addition to these agencies and companies, there are also a number of individual drillers, each owning one small rig, who are engaged in shallow well drilling to meet small individual demands. Although the exact number of these individual drillers is not known, it would not be too far off if we set it at 50, in all.

C - GROUNDWATER DIVISION OF THE DIRECTORATE GENERAL OF STATE HYDRAULIC WORKS

a) Functions Provisions in laws such as the "Groundwater Law and the Drinking water law for Villages and Towns" hold DSİ responsible for supplying water to meet the demands. Such responsibilities of DSİ relating to groundwater, are delegated to and accomplished by the Groundwater Division.

The main functions of the Groundwater Division consist of applying the groundwater prospection programmes by running hydrogeological and geophysical surveys, and drilling exploratory wells in every and all areas within the Turkish territory; recognizing as groundwater production areas, those areas where the investigations are completed and irrigation operations have proven satisfactory . and putting them into public use, together with the results of the investigations; drilling drinking and domestic water wells for communities with populations less than 3,000, and for military garrisons; drilling drainage and foundation investigation test holes relating to DSİ construction programme; studying groundwater possibilities and encouraging economical use of groundwater by substantial educational programmes and publications, and generally taking necessary protective measures in areas where groundwater is being pumped.

The Division accomplishes these functions either by force account or by partial contracts, as it sees fit .

b) Organisation The Groundwater Division is one of the nine similar Divisions of DSİ. All investigation, design, planning, general supervision, training and supply activities relating to groundwater, are transmitted to and handled by this Division. The Goundwater Law is enforced by DSİ Regional Directorates. Generally, groundwater foundation and drainage drilling operations are performed by force account by drill-camp organizations attached to DSİ Regional Directorates, under the close technical supervision of the Groundwater Division.

c) Personnel and Equipment at present, 18 drill-camps are operating, of which 5 are engaged in foundation, the remaining 13 are engaged in water and drainage investigation drilling. The Division employs a total of 167 personnel in Ankara, of which 68 are technical and 99 are aids. The camp organisations employ a total of 1,217 personnel, of which 54 are technical and 1,163 are aids.

New Groundwater Branch offices are being organised in every region of DSİ to take care of and supervise all groundwater activities within the region. In fact, within a year or two there will be one such branch office operating in every one of the 13 regions of DSİ.

DSİ owns quite an extensive park of drilling equipment . Included in the park are 44 drill-rigs engaged in groundwater exploration and drainage investigation drilling of which 31 are of the rotary, 13 of the percussion type; 25 drillrigs engaged in foundation investigation drilling, of which 11 are truck-mounted and 14 skidmounted; 3 resistivity, one seismic and 4 electrical well logging apparatus are engaged in geophysical investigations. In addition to all these, a variety of pump and motor units, compressors, generators, transportation and drilling equipments are also included in the park.

d) Capacities The Groundwater Division is actually responsible for 400 individual hydrogeological surveys for dry villages and towns; 40.000 sq. kms. of hydrogeological investigation and mapping on 1/100,000 scale, and resistivity sounding at 400-600 points, yearly.

In addition, the Division averages a total drilling depth of 82,000 m. annually which consists of 40,000 m. of groundwater exploratory wells, 20,000 m. of drinking water wells, 12,000 m. of foundation and 10,000 m. of drainage test holes. Thus, 180-200 test wells and 20-250 drinking water wells are drilled every year. In subsequent

years, an increase in the equipment park and personnel efficiency will naturally result in an increase in the number of wells that can be drilled and thus will enable DSİ to perform its legal duties, at much higher rates than it is possible actually.

D - ACTIVITIES OF THE DIRECTORATE GENERAL OF STATE HYDRAULIC WORKS IN GROUNDWATER PROSPECTING

a) Investigations

(i) Investigations in drainage areas and large plains : An area amounting to 62,925 sq.Kms.has been surveyed and mapped on a 1/100,000 scale map, prior to 1956. Another area amounting to 204,000 sq.Kms.has been surveyed and mapped between 1956 and 1961,bringing the total to an actual 266,926 sq.Kms.in 134 different drainage areas and large plains.

An additional 48,617 sq.Kms.of hydrogeological prospection and mapping in 19 drainage areas and large plains is scheduled for the fiscal year 1962.

(ii) Investigations for supplying drinking-water : The number of individual hydrogeological investigations made to date for supplying drinking water to dry villages, towns and cities is as follows :

120 before 1956, 1,154 between 1956 and 1962

For the fiscal year 1962 investigations for supplying drinking water to 400 military garrisons are scheduled.

(iii) Geophysical Investigations An area amounting to 3,333 sq. in four different plains has been surveyed between 1956 and 1960, by award of contract. An additional area amounting to 2, 150 sq. Kms.was surveyed by force-account in 1961. A total area of 8,800 sq.Kms.in 5 plains is scheduled for the year 1962.

b) Well Drilling

(i) Exploratory Drilling : III Exploratory wells in seven different drainage areas and large plains have been drilled prior to 1950, and 828 in 63 different plains during the period 1956-1961. The total depth of exploratory wells drilled to date amounts to 179,412 m.

Furthermore, according to the 1962 programme, 205 exploratory wells with an approximate total depth of 40,000 m. are to be drilled this year.

(ii) Well Drilling for Supplying Drinking-Water : 83 drinking-water wells for villages,towns and military garrisons were drilled during the period 1952-1956,and 618 during the period 1956-1961.

225 more drinking-water wells will be drilled in 1962.

Drinking-water wells are equipped with centrifugal,deep well or manual pumps, depending on well characteristics and demand. Meanwhile, progress is being made towards using wind energy to produce groundwater for drinking and irrigation purposes.

(iii) Drilling Work for Foundation and Drainage Investigation : 16,144 m. of foundation investigation test holes were drilled during the period 1957-1961.According to the programme,17,430 more m. of test holes are to be drilled this year.

16,979 m. of drainage investigation test-holes are drilled to date, of which 870 m. were completed by award of contract and 16,109 m. by force-account,during the period 1956-1961.

According to the programme for 1962, 8,900 m. test holes are to be drilled this year.

c) Training and Publication Activities :

(i) Technical Personal Training : Technical personnal training was first started at the Institute of Hydrogeology founded by UNESCO as an annex to the Technical University of Istanbul. Young engineers, geologists and geophysicists were offered theoretical training in groundwater for two 3-months semestres in the class and practical training for one 3-month semester in the field.

In addition to these, AID, UNESCO and other foreign technical Aid Fellowships were awarded during the period 1956-1961 to 14 technical personnel for training in the U.S.A. and France, in groundwater prospection and well drilling.

Furthermore, for the purpose of training technical personnel within the Division, miscellaneous training courses and seminars are conducted every year during the winter season.

(ii) Field Personnel Training : Winter courses are conducted every year for training drillers, and aids, foremen and labour engaged in groundwater activities in the field, where they are taught and shown the latest techniques of the profession.

For the first time this year 2 courses were conducted in DSİ regions for training groundwater foremen and pump crews.

(iii) Publications : Due consideration is given to the publication of technical literature in training all kinds of personnel. Miscellaneous technical brochures and instructions are issued and technical articles written in foreign languages are translated into Turkish.In addition, a groundwater bulletin is being published since the beginning of the year 1962.

E - METHODS USED BY THE DIRECTORATE GENERAL OF STATE HYDRAULIC WORKS

a) Groundwater Prospecting in Drainage Areas and Large Plains : Groundwater prospecting in drainage areas and large plains is performed with the purpose of (1) determining the depth, the thickness, the boundaries, the yield and the water quality of the aquifers existing areas agricultural irrigation and development are possible; and (2) investigating the possibility of resorting to them as reliable sources of irrigation water supply or for other uses.

Upon completion of such surveys, a preliminary planning report is prepared,and after published,is put at the disposal of all concerned with groundwater irrigation operations in these areas.

The following procedure is adopted during groundwater prospecting in drainage areas and large plains already scheduled among the activities of the groundwater Division of DSİ from the beginning until such time as a preliminary groundwater planning report is prepared for every area in question.

(i) Hydrogeological Investigations : Hydrogeological surveys constitute the first step in the groundwater investigations made by DSİ in a drainage area or a large plain.

The same documents that are made use of in the surveys for domestic water supply purposes discussed in Part I, are mainly also made use of in these surveys. In addition to these documents, surface water preliminary reports, flow records,soil classification maps, irrigation dosigns,etc.,are also made use of.Unfortunately,such documents are not yet available for every area to be surveyed.

Generally,1/100,000 scale maps are used during surveys and all data are recorded on these maps.Recently,hydrogeological surveys are being run in some important areas,where 1/25,000 scale maps are used.Aerial photographing being too recent a development,no application of it to groundwater surveys is made yet.

During hydrogeological field surveys,the geology, the tectonic structure,the lithology of the basin,the groundwater replenishment and storage areas within the same basin,are investigated and results are recorded on 1/100,000 scale maps.

Every spring,well,stream and stagnant body of water is studied individually; its location is marked on the map and its characteristics are recorded on separate forms.Necessary measurements are made in water quality is determined by field analysis;moreover,water samples are taken for laboratory analysis.

Existing geological maps are controlled and revised in the field,geological cross-sections are drawn and lithologic characteristics are determined and recorded on the maps.

Probable groundwater replenishment,flow and storage areas and water-bearing formations exiwting in the basin,are determined.

All inhabited areas within the plain are studied individually,and data are recorded in appropriate forms.Probable groundwater basins are located and sugges-

tions are made about the location, type and depth of exploratory wells to be drilled, and whether or not drilling must be continued to bed-rock, for the purpose of exploring the subsurface geologic structure, and to determine the qualitative characteristics of aquifers existing in the basin.

All operations discussed above and the results obtained are put together in a hydrogeological investigation report as outlined below :

Hydrogeological Investigation Report : -Summary and results -Introduction

Previous Investigations: -Geography -General -Topography -Hydrography -Climatology -Plant Cover -Agriculture and live stock -Industrial Development -Settlement and Distribution of Population.

Hydrology : Streams -Stagnant waters -Springs -Hot water springs and mineral waters -Wells -Shallow Wells -Deep Wells -Present Uses

Geology : General -Stratigraphy -Tectonic structure -Economic Geology -Paleogeography

Hydrogeology : Relation between lithology and groundwater -Relation between tectonic structure and groundwater -Infiltration and recharge areas -Groundwater replenishment and movement -Groundwater losses -Groundwater storage- Groundwater level Fluctuations -Groundwater chemistry -Possibilities for groundwater use

Conclusions and suggestions - Documents - Appendix : Hydrographic maps - Hydrogeological maps -Geological cross sections and diagrams -Local geological cross sections -Water analysis tables and diagrams -Statistical tables -Well logging -Soil classification maps

(ii) Geophysical Investigations : In areas where hydrogeological surveys have been completed and where certain geological problems still remain unsolved, suitable geophysical methods and applied prior to and simultaneous with, or upon completion of exploration drilling, with an attempt to find solutions to each problem respectively, These surveys are run essentially for the purpose of investigating and obtaining valuable information about the existence of faults, the thickness of the alluvial deposits and other water-bearing formations, the depth at which aquifers are located, and in some cases, to determine the location of the impervious strata.

The Groundwater Division of DSI owns 3 Wittera Resistivity and I SIE 24 Canal Seismic-refraction apparatus, Of these, 3 Resistivity apparatus are in operation; the Seismic-refraction apparatus will be put into operation sometime during 1963.

Resistivity surveys are generally run according to a rectangular system and in certain cases, over individual points of cross-sections. Wenner and Lee methods are used in the field in taking resistivity measurements. In the meantime, potential drop ratio and fault investigation methods are also applied, depending on the type and nature of the problems encountered.

During the seismic surveys to be started this year, either one of the seismic-refraction methods will be used according to necessity.

The Department also owns and operates 4 station-wagon mounted electrical well-logging apparatus, Two of these are single-point type and the remaining two are of the 16" and 64" Single-Point and gamma-ray recorder type.

These apparatus are used in logging exploration and drinking water wells drilled by DSI. The logs are used in the determination of samples, in locating the aquifers and in casing the wells.

(iii) Exploratory Well Drilling : Upon completion of hydrogeological, and in certain cases of geophysical investigations, exploratory well drilling is performed according to the suggestions made in the survey reports, for the purpose of determining the subsurface geology of the plains, the depth and the thickness of the water-bearing formations, the quantity and the quality of the water and the hydraulic characteristics of the aquifers The survey reports belonging to areas scheduled for exploratory drilling are examined by a joint committee of experts and the

authors themselves, discussed, and finally, written instructions are prepared for the location and depth of wells to be drilled and the kind of tests to be performed on the site. Copies of these written instructions are mailed to the interested Regional Directorates of DSİ. and the drill-camps attached to them. Drilling is performed by the drill-camps by force-account and using DSİ rigs and equipment, according to these instructions under the close technical supervision of the Groundwater Division of DSİ, and the author of the survey report, the latter at the same time acting as responsible geologist on the site, when practically possible.

Exploratory well drilling is generally performed using 1500 capacity rotary drill rigs, and weather permitting, in three shifts during a full 24 hr. day. Under certain conditions percussion rigs are also used.

Generally the diameter at the start varies between 12" and 15" and it is reduced according to necessity as drilling progresses. The hole depth varies from 200-300 m., depending on local geological structure, depth to water table and depth at which the bedrock lies. Samples from the cuttings are taken every meter or at every change of formation, and at even the slightest indication of water. Core samples are also taken from certain horizons when necessary.

The basic principle adopted in exploratory drilling is to perform separate pump tests for every aquifer, and determine its characteristics entirely independently from the others. For this purpose, after performing qualitative and quantitative tests for the first aquifer encountered in a well, the aquifer is completely shut off by grouting, casing or by any other suitable method, depending on the existing geologic and drilling conditions, and drilling is resumed, following which same operations are repeated in the same manner for every subsequent aquifer. In certain other areas, a seperate well is drilled for every aquifer and necessary tests are run entirely independently from each other.

Exploratory wells are located according to a rectangular system, and thus a network of transversal and longitudinal cross-sections of the area can be worked out. Generally in plains where exploration work is carried on, there exists no well one can refer to for enlightening data concerning local subsurface conditions; all one must depend upon is the information offered in the hydrogeological survey report. For this reason, pilot holes are drilled prior to exploratory wells, at locations where surface structure of the plain and the groundwater possibilities can be figured out best. Usually, whether exploratory drilling should proceed or be completely abandoned, depends on the results obtained from pilot wells.

In alluvium, in neogene and other sedimentary formations, exploratory drilling is performed with rotary rigs with mud circulation, whereas, in cracked and fissured calcareous formations, where often mud circulation losses occur, compressed air is used instead. In certain areas where drilling must penetrate hard rocks, such as basalts and andesites, down the hole hammer is used.

Temporary or permanent shutting off of an aquifer, when necessary, is done by grouting, cement jetting or by casing.

All phases of drilling operations, whether exploratory or other, are recorded on regular forms and diagrams and are saved for later use.

(iv) Laboratory Work : Water samples taken from wells, springs, foundations, etc., during prospection surveys are immediately tested in the field for hardness, alkalinity, Cl and PH by colorimetric methods, using the Palo kit, and for electrical conductivity using the conductivity meter, LBR. The salt content is then calculated from which Sodium Potassium and Sulphate contents are computed. The point in making these tests is (1) to obtain quick first-hand information about the quality of water, and (2) to cut down the number of samples to be taken. Any aquifer yielding water of unsuitable quality is shut off on the spot. Thus only one representative sample of 1 lt. is taken from each group of suitable sources where field tests have shown a

similarity in the quality of water yielded, and shipped to the Main Lab. For a complete chemical analysis.

Water samples are tested in the main Lab.For PH,EC, Na, K, Ca, Mg, Co_3, Cl, So_4, No_2, NH_3 and organic matter contents and % Na, SAR (Sodium Absorbtion Ratio), RSC (Residual Sodium Carbonate) values and the class of water for irrigation purposes are reported.

When results of analysis of water samples taken from prospective sources of drinking water supply show any signs of nitrates and ammonia existing in the water, additional samples are taken in sterilized containers for further bacteriological analysis. But, the only official agency in the country where bacteriological tests can be performed is the Central Health Conservation Institute in Ankara. Usually, considerable time elapses between the time the sample is taken and the time it reaches the Institute for analysis. It is therefore at present impossible to obtain true representative samples at the Laboratory in time for bacteriological analysis. The solution to this problem is of course (1) to establish in every region adequate laboratories that can perform bacteriological analysis to give dependable results within a reasonably short time, before the sample deteriorates, and (2) until such to make use of portable analytical kits, like the millipore, which will serve the immediate purpose temporarily.

Macroscopic and microscopic tests of soil samples taken from wells are performed in the Paleogeological Laboratory of DSİ. Thanks to the results of these tests the stratigraphy, the probable thicknesses and the water bearing properties of the formations penetrated are determined.

(v) Groundwater Level Observations : Out of approximately 940 exploratory wells drilled until the close of the year 1961, in 70 different drainage areas and plains, 678 are being used as regular observation wells, to determine monthly and seasonal groundwater level and artesian head fluctuation and the effect of pumpage,climate and other factors on the water table.

In deciding on the location and the number of observation wells in every plain or drainage area, care is taken to choose the ones that will best represent the level fluctuation of the part of the area in which they are located. Monthly observations are made in each of the wells and the results are recorded on separate forms. Observations are conducted by Regional Directorates of DSI.,and records are taken by technicians trained for and assigned to this job. These records are evaluated and field for reference after ther are plotted on a separate graph for each individual well.

Generally, tapes or electric sounders (m.scope)are used in taking water level readings.Artesian heads measured by pressure gauges or manometers. Actually no automatic recorders are being used.

Besides water level observations in wells as described above,surface streams, lakes and reservoirs are also regularly gauged by the Planning and Programming Division of DSİ.These records are referred to in the parts titled "Groundwater Investigations".

(vi) Preparation of Planning Reports : A groundwater planning report is prepared following completion of exploratory drilling in an area, and in the light of the hydrogeological and geophysical surveys and the results obtained from drilling, also of any documents available belonging to previous work of the same nature.

A groundwater planning report consists of the following parts :

(i) - Purpose,Summary and Suggestions : In this part a summary of the report is given where the purpose of the report, the conclusions reached, and suggestions in connection with the use of groundwater are clearly indicated.

(ii) - General Information : In this part, information about the general geography, topography, climatology, soil structure and characteristics, plant cover, agriculture and live-stock farming, population and settlement conditions,commercial

and industrial development are presented. Also, all documents relating to the above-mentioned items are fully discussed.

(iii) - Geology : In this part, all geological work done in the area to date is discussed. Using these and the results obtained from exploratory drilling, paleography and lithologic characteristics of the area are indicated in as much detail as possible. In relation with these, maps, profiles and diagrams are prepared and interpreted. The logs of wells falling within the plane of cross-sections of areas where exploratory drilling has been completed, are made use of in correlating such wells.

(iv) - Hydrology : In this part, detailed information is given about streams, lakes, reservoirs, springs, shallow and deep wells, galleries, and the results of groundwater level fluctuation observations. All these and their characteristics are marked on hydrogeological maps.

Results of stream flow and water table level measurements taken in the area are discussed. These are checked against climatological records, and the effect of climatological factors on the stream flow and water table fluctuation is studied. The result of this work is presented in the form of graphs and diagrams, and are commented on before closing up. In areas where frequent flow measurements are taken, infiltration is determined with the aid of observation records.

(v) - Hydrogeology : In this part are discussed, and valuable information given about, groundwater-bearing characteristics of different geological formations, the relation between the tectonic structure and lithologic nature of the formations and groundwater, the location, the depth and extent, the hydraulic and chemical characteristics of the aquifer, the groundwater replenishment and storage areas, and the standing of existing exploratory wells.

Areas are located where groundwater is suitable both in quantity and quality, for use for a variety of purposes. The safe total yield of the area, the radii of influence, the depth, the yield, and other characteristics of prospective wells are determined.

In determining the safe yield, the following methods are used :

1 - Evaluation of pump test results according to Darey's Law.: By evaluation pump test results, permeability, transmissibility and storage factors are determined for every aquifer, from which the radii of influence of wells to be drilled in the area, the safe yield from each well, and resulting drawdowns at the end of definite time periods, are derived. Generally Theis and Jacob methods are used in the evaluation of test results.

This procedure is only recently applied in the Division, therefore it is needless to say that in earlier surveys no such use has been made.

2 - Estimating percolation by way of hydrological inventory in the area.

This method has been used in preparing earlier preliminary groundwater planning reports. For comparison purposes, use is made of this method also in estimating percolation.

In such work, evaluations are madeby the use of Thornewaite method, parting from climatologic factors like precipitation, temperature and sunning.

3 - Where sufficient stream flow observation records are available, total percolation is estimated from the influent water, and from precipitation. In these estimates approximate infiltration rates are taken from different formations. Meanwhile, attempt is made towards obtaining results by deducting water loss through evapo-transpiration from the total annual influent water.

4 - Also for the purpose of comparison, and basing on the crop patterns, type of soil, and depth of tool zone in the area, and using infiltration rate graphs of similar areas prepared after tests run in miscelaneous countries, infiltration is estimated for a number of areas and plains in this country.

Due to the lack of long groundwater level observation records in this country, computation of safe yields could not be made from water table fluctuations.

(vi) - Geochemistry : In this part are given, the discussion and evaluation of test results of water samples taken separately from streams, springs and every aquifer in the wells.

Depending on the result of evaluation, the relation between the lithologic characteristics of the formation and the quality of water, also the influence of different formations on the quality of water, are discussed, In connection with these, semi-logarithmic, triangular and riverside diagrams are also prepared.

Results of analysis are plotted on triangular and semi-logarithmic diagrams. By examining these diagrams it can readily be determined which formations are responsible for the change in the anions, cations and salt contents.

Electrical conductivity, chlorine, sulphate, and Ca-Mg values for springs flowing out from the same aquifer or the same formation, are marked on the maps. Furthermore, such waters are classified according to their suitability for irrigation. Results are marked on maps and riverside diagrams, meanwhile, the effect of quality of groundwater on casings and screens in connection with and corrosion, is also studied and the results noted.

(vii) - Economic Evaluation : In this part, possibilities of irrigation from groundwater are discussed from the point of view of economy. The cost per cu.m. of water, or the total cost of operation per hectar of irrigated land,are analysed for both flowing well and pump irrigation. The increase in returns per hectar with respect to the kind of crop irrigated is calculated. By comparing costs and increases in the returns the return-to-cost ratio is computed and noted in the report.

(viii) - Documents :

The following documents are attached to the report : - 1. Topographical map- 2. Geological map -3. Geological cross sections and correlations -4. Hydrological map - 5. Static level map - 6. Specific capacity map - 7. Impervious strate contour map - 8. Soil classification map - 9. EC, SO_4, and CL contour maps - 10. Logatithmic, triangular and riverside diagrams of water analysis - 11. Statistical tables, well-logs,water analysis reports, etc.

b) Groundwater Prospecting for Supplying Drinking Water : All prospection for and construction of water supply facilities for villages and towns under 3,000 population and military garrisons come under DSI's jurisdiction according to Laws Nos.7478 and 178 already in force. Drinking water supply possibilities for such communities areinvestigated according to a definite programme, communities where surface water supplies are available and construction is economical,drinking water demands are met through such sources. Where groundwater proves to be economical or the only source of supply available, a hydrogeological investigation precedes any other action. The results of such investigations are examined jointly by the Groundwater and the Drinking Water Divisions of DSI, and discussed and a decision is taken on either surface or groundwater sources to be considered in the project, depending on whichever source is most economical and convenient to be developed. Upon such decision, and on the event of groundwater development, drilling instructions are prepared similar to those for exploratory drilling, and wells are constructed by the drill-camps,accordingly,again under the close technical supervision of the Groundwater Division.

Both rotary and percussion type drill rigs are employed in drinking water drilling. Depending on local conditions, mud circulation, compressed air or down the hole hammer methods are used in drilling with rotary rigs.

The principle in drinking water is to drill wells at such depths as it is necessary, to provide water of adequate quantity and quality to meet the local demand. For this reason, every aquifer penetrated is tested in succession, any aquifer showing any indication of salt content or contamination, is shut off completely, and drilling is resumet and continued until adequate quantities of good water is available, at which time drilling is discontinued. On account of these accepted principles, the depth of a drinking water well seldom exceeds 100 m.

For pump setting reasons, producing wells are cased with 8" pipes down to 40 m., and rarely, to 60-80 m.To prevent surface contamination, well-heads are cased for a depth of 5-10 m.,with larger diameter guide pipes,and grouted. Such wells are equipped with suitable pumps, storage and distribution facilities are constructed and the whole system is put to public use.

(i) Auxiliary Documentation

Maps : 1/800,000 and 1/100,000 scale geological and topographical maps of

Turkey are prepared bu MTA, also 1/25,000 and 1/100,000 scale topographic maps prepared by General Directorate of Mapping,are madeuse of during individual hydrogeological investigations.

Meteorological Records : Meteorological bulletins covering 20-30 years or longer periods,regional precipitation,temperature,humidity,and wind records for the whole of Turkey,also evaporation records for some regions, are available.

Statistical Records : Miscellaneous reports on previous geological,hydrogeological and geophysical surveys&records on oil exploration surveys and drilling,or any other document on drinking water or other surveys run by DSİ.,in the vicinity of the village or town,are also made use of during investigations whenever available.

(ii) Field Operations

Field operations for drinking water prospections are briefly outlined as follows : Every well, spring, storage facility and fountain in the vicinity of the village or town in question,is individually investigated, its yield is either taken from records when available, or measured and estimated on the spot when possible.Water samples are taken and subjected to field analysis also.

In addition to estimating actual and future water demands of villages and towns, also what part of the demands are already met by existing sources,and e possibility of supplying the balance from other sources,is also investigated.

The geology,the tectonic structure and the lithology of the surrounding is surveyed,as the result of this,existing water bearing formations, and the characteristics and the possibility of re-charge are determined.

All this work is traced on 1/100,000 and 1/25,000 scale maps and forms, and where convenient,drinking water wells are located and approximate locations are shown on the maps.

(iii) Preparation of Investigation Reports: Following completion of all work described above,a hydrogeological Investigation Report is prepared according to the following outline: -

- SUMMARY : A brief account of the performance and the conclusion reached is given together with the suggestions made in the report.
- PURPOSE : Following are clearly cited : -The purpose of the investigation, -The name and the qualifications of the surveyor, - The methods used and the time spent
- GENERAL GEOGRAPHY : -Location of the area, its magnitude, etc., -Topography,type of land, -Population, settlement and road conditions, -Economic and industrial developments.
- HYDROLOGY : -Surface waters, -Springs, -Ordinary wells, -Climate.
- EXISTING WATER SUPPLY CONDITIONS AND FUTURE WATER DEMAND : Present water demand, -Future water demand, -Existing water supply.

Location and yield of every spring, fountain, well and storage, together with the quality of water and other characteristics. The total demand and what part of it is already supplied.

Supply possibilities : These sources which should be resortedto, to meet the demands, are pointed out. A detailed discussion of either surface or groundwater supply is presented,whichever is more promising.

- HYDROGEOLOGY : -General geology, -Stratigraphy, -Tectonic, -lithologic and water-bearing characteristics of the formation, -Groundwater re-charge and movement, -Water-bearing formations.
- DRILLING SITES : - Definition of locations, -Suggestions concerning depth, size, etc., of wells to be drilled Results and suggestions.

Results and suggestions about to be taken towards meeting water demands are given in the order of importance.

c) Methods of Drilling in Foundation and Drainage Investigations

(i) Foundation Investigations : All foundation investigation drilling in connection with planning and investigation activities of the Planning and Programing, and Design and Construction Divisions of DSİ, is performed by the Groundwater Division,upon the former Divisions request.

In foundation investigation of sites for dams,reservoirs,bridge piers,pumping structures, etc.,core (diamond) drilling,pressure tests and undisturbed sampling are performed.

The specific application of core drilling by DSİ, in foundation investigations, comprises the study of the geological structure of the site for the purpose of finding out the zones of faulting and brecciation, if any. To do this,continuous core drilling is performed and several pressure tests are run.

In some sites the depth to bedrock is investigated. In others, data is collected-especially in sedimentary rocks-for weak, permeable and swelling zones, at even greater depths.

Water transmitting capacity of the rock is also investigated due to its importance since it controls the extent of leakage from dams and reservoirs.

Core drilling is performed by skid-mounted rotary core drills.The hole depth seldom exceeds 80 meters, the hole diameter varying between NX and HX sizes.

Single or double tube core barrels are used in coring. Undisturbed sampling is also carried on through the overburden.

Pressure tests are run in core drilled holes to find out the permeability of the underlying rock and the character of the fractures,seams, joints and cavities. Single or double packer type permeability testers are used in pressure tests which are performed in conformity with USBR GR97, designation "B" test.

Gravity type permeability tests are also run in the overburden.Using the same procedure described in USBR GR97,designation "E" test.

(ii) Drainage Investigations : In plains where (irrigation is practiced or will be eventually) prospection surveys and planning work has been either started or completed by the Planning and Programming Division of DSİ, drainage investigation drilling is performed by the Goundwater Division at locations where water table creates a problem.

Generally, drainage investigations are carried out to determine :

1 - The depth of the barrier strata
2 - The stratification of the underlying formation within 20 meters of the surface
3 - The existence of water-bearing formations
4 - The possibility of water-bearing formations being interconnected by hydraulic means.
5 - How much the water table can be lowered by pumping from wells.
6 - The spacing and the type of wells to be drilled,if the water table can be lowered.
7 - The suitability of the water pumped from wells for irrigation.
8 - Whether high water table is caused by seepage from underlying artesian aquifer into the overlying water table zone.

To collect the above data and to find an answer to the problem in drainage investigation drilling, continuous drive sampling is performed. The samples thus collected are packed in special cylindrical galvanized metal tubes and are shipped to the Main Laboratory for mechanical and chemical examination. In wells where water bearing formations are penetrated, pump tests are run and water samples are collected for chemical examination.

From pump test data, values for coefficient of transmissibility and storage capacity are calculated. Drilling operations are generally carried out with percussion rigs. Well depths seldom exceed 20 m. the hole diameter varying between 6" and 8". Generally two observation wells are drilled before test pumping for measuring the drawdown around the pumped well, against time. Later, one of the wells is saved for use as a permanent observation well for data on groundwater level fluctuations all year round.

The whole procedure is recorded in detail on special forms and diagrams.

The result of the field and laboratory work are evaluated and correlated to take necessary decisions towards solving the problems confronted with.

F - ANNEXES :

(b) GROUNDWATER PROSPECTING ACTIVITIES IN TURKEY

I - Hydrogeological Basin Studies

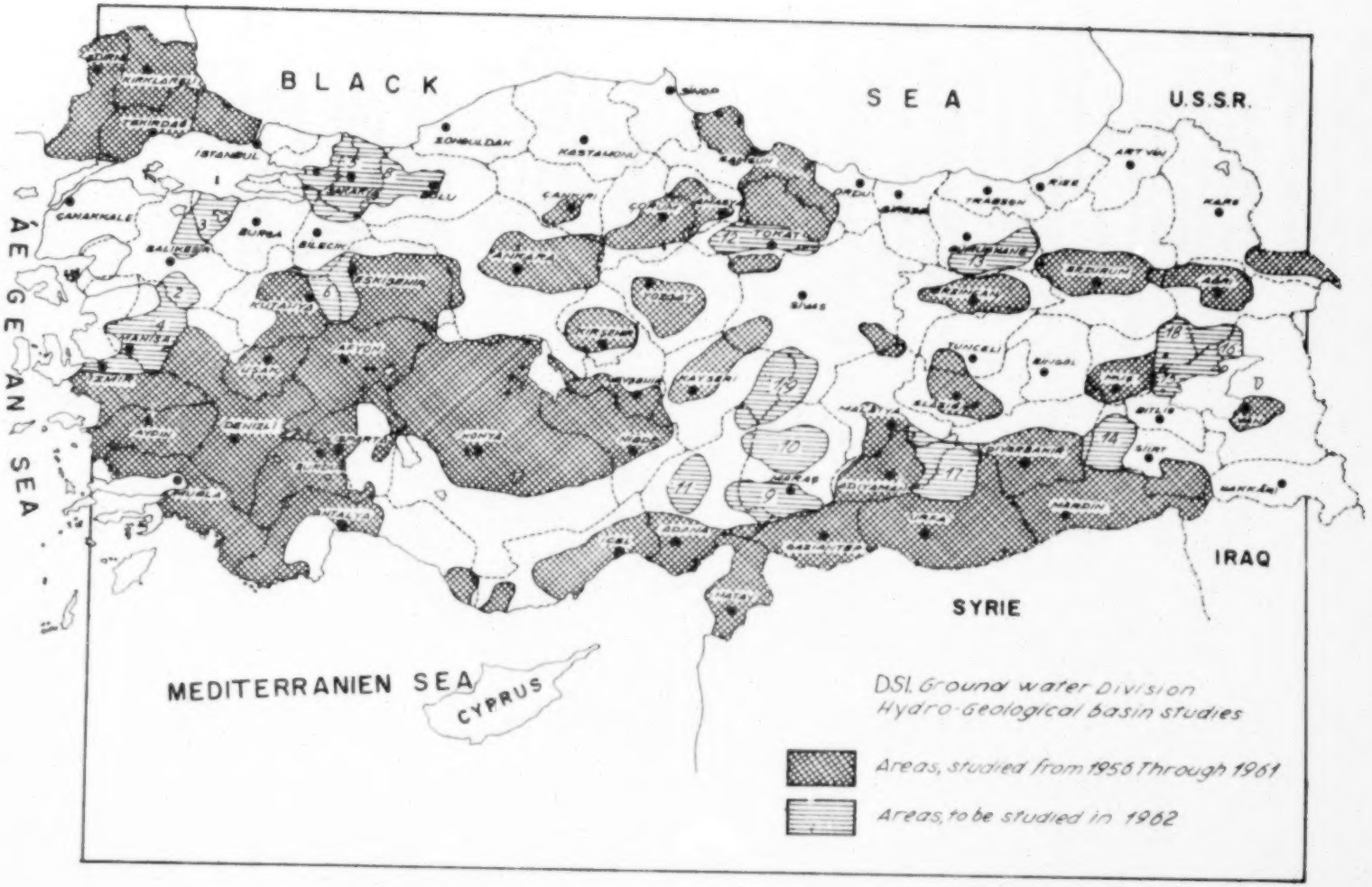
Years	N. Of plains studied	Area in sq. km.
To end of 1956	19	62.925
in 1957	21	25.917
" 1958	22	31.984
" 1959	12	44.101
" 1960	27	59.310
" 1961	33	42.689
" 1962	19	48.617
Total	153	315.543

II - Exploratory Wells

Years	N. of Wells Drilled				Total Depth Drilled m.	Total Discharge L/Sec.
	Flowing	Non Flow	Dry	Total		
To end of 1956	4	67	40	111	22.305	1.397
in 1957	20	102	49	171	32.525	2.020
" 1958	14	119	35	168	30.770	1.684
" 1959	38	111	46	195	42.146	1.913
" 1960	21	84	12	117	25.467	1.076
" 1961	50	88	39	177	66.043	1.691
" 1962	38	115	21	174	24.706	1.230
Total	185	686	242	1113	243.962	11.011

III - Drinking water wells

Years	N. of Wells Drilled				Total Depth Drilled m.	Total Discharge L/Sec.
	Flowing	Non Flow	Dry	Total		
To end of 1956	7	43	33	83	8.526	273
" 1957	2	16	8	26	1.994	107
" 1958	5	55	15	75	6.715	448
" 1959	6	94	24	124	14.433	833
" 1960	24	182	38	244	26.934	1.805
" 1961	11	105	44	160	4.250	967
" 1962	8	60	15	83	7.226	3.375
Total	63	555	177	795	70.078	7.808



GROUNDWATER PROSPECTION MAP OF TURKEY

1835 E - Nov.1962 - 1,60

E/CONF.39/A/384
28 Nov.1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.5.1.2

Jamaica

JAMAICA'S SCIENTIFIC RESEARCH COUNCIL : ITS ROLE IN THE DEVELOPMENT OF A MINERAL INDUSTRY PROGRAMME

By V.G. HILL,
Senior Scientific Officer,
Scientific Research Council,
Kingston, Jamaica, W.I.

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

JAMAICA'S SCIENTIFIC RESEARCH COUNCIL ITS ROLE IN THE DEVELOPMENT OF A MINERAL INDUSTRY PROGRAMME

by V.G. Hill
Senior Scientific Officer
Scientific Research Council
Kingston, Jamaica, W.I.

INTRODUCTION

The Scientific Research Committee, recognising the important contribution that a healthy mineral industry can make to the national economy, organised the Geochemistry Unit as its first wholly supported research group. The duties of this group were to undertake and foster research in those areas of the country's mineral industry programme not then covered by the activities of the Geological Survey Department, Mines Department and the mining companies. It was felt that such a group assessing the information available on our minerals, and supplementing it with new data, could contribute to the evaluation of mining prospects, and so assist the country in the negotiation of new mining contracts, and the exploitation of our mineral resources. The Scientific Research Council, the successor of the Committee, endorsed the terms of reference of the Unit and appointed an Advisory Board to direct its general research programme.

2. Initially water quality research was given first priority because an adequate supply of water of satisfactory quality is basic to the industrialization of the country and is an important factor in environmental health. The country is also committed to a programme of public water supply development, and basic water quality data are vital to the proper design and maintenance of these schemes. The Ministries of Health and Local Government, and the Geological Survey Department collaborated in this programme.

3. The Unit was also interested in economic minerals. The principal emphasis in the ore minerals research programme has been on low-cost, large-tonnage materials in the development of which Jamaica has been singularly successful. Such an approach highlights the utilization of the minerals that are known to occur, in preference to organised search mainly for minerals which are in short supply on the world market and so command premium prices. The fine grained minerals (clays and bauxite) are economically the most important, contributing over Thirty-three Million Pounds of the national economy (Central Planning Unit Report, 1961). Other important minerals are gypsum, glass sands, and marble. The large scale exploitation of our limestone deposits which are extremely pure and cover at least two-thirds of the surface of the island, offer potential which could be economically important (Zans et al, 1962, p. 26). Limestone could be utilized in the manufacture of high quality lime for use in the sugar industry, the preparation of bordeaux mixture, the manufacture of calcium carbide, and in the building industry in plasters, mortars etc.

BAUXITE AND CLAYS

4. The principal minerals in the local bauxite are gibbsite $Al(OH)_3$,

which may account for over eighty percent of the ore in a few cases, but usually averages about seventy percent; boehmite ($AlO.OH$), which is sometimes a minor constituent but may be as abundant as twenty percent; kaolinite and halloysite[1] $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. The iron oxide content is between eighteen and twenty-five percent, and the particle size is so small that it coats the other minerals and makes it difficult to determine in which mineral species it is present. Quartz and chert occur in the size range of sand to clay, but the distribution of the sand range is erratic, and the fine grained sizes occur in areas where the clay mineral content is high but variable. Titanomagnetite and illmenite are present to a minor extent (Hill, 1955, p. 680-82). Minor amounts of tourmaline, garnet and volcanic glass have been reported (Hartman, 1955, 25-26).

5. The extraction characteristics of the alumina from the ore by a Bayer type process are dependent on the gibbsite-boehmite content. It is more difficult to extract alumina from boehmite than from gibbsite, and the kaolin minerals use up caustic soda. The rate of reaction of quartz with caustic soda, although dependent on particle size is slow, and so like the iron oxide it is inert in a Bayer process. It is therefore desirable that the method for grading bauxite should attempt to determine the gibbsite, boehmite, kaolin, and quartz content rather than the gross content of the different oxides. Such a scheme may permit us to delineate areas of high boehmite content and so consider the feasibility of using higher pressure digestion methods on these ores. It may also show that ore now classified as low grade (on the basis of the silica content) may actually be of a higher grade because the silica is present as quartz. A chemical method which may be of value in such a scheme of grading was developed by the Unit (Hill and Price 1962). This method is rapid and is based on the relative solubility of gibbsite, boehmite, kaolin and quartz in a fifty percent caustic soda solution. Alumina is determined on the filtrate complexometrically with E.D.T.A. and silica colourimetrically as the molybdosilicate. Attempts are also being made to use differential thermal analysis techniques to determine the mineral content.

6. The logical extension of this programme of work is the investigation of the mineral composition of our low grade bauxite and other laterites to classify them as aluminium ore, or as high alumina clays for the manufacture of refractories.

7. An investigation which resulted in the location of a small but important deposit of high quality non-plastic kaolin provides an excellent example of what can be achieved through collaboration. The original find was made because the Mines Department submitted a mineral specimen for identification. The differential thermal analysis pattern of the sample was like that of kaolin except that the 580°C and 950°C peaks are doublets. X-ray diffraction analysis of the samples at the Geochemistry Department of the Pennsylvania State University, Overseas Geological Survey and the Kaiser Research Laboratories confirmed that the sample was well ordered kaolinite with possibly some dickite. Table I gives the X-ray diffraction data of the specimen.

TABLE I: Lattice Spacings of Kaolin Mineral From Job's Hill

d-value	Relative Intensity	d-value	Relative Intensity
4.46 a.u.	W	3.51 a.u.	W
4.39	W	3.44	W
4.26	W	3.35	W
4.14	M	2.57	M
3.98	W	2.51	M
3.82	W	2.395	S
3.62	S	2.332	S

W = weak; M = medium; S = strong.

(1) The state of hydration has not been determined.

The chemical analysis of the minor constituents of the sample is given in Table II.

TABLE II: Minor Constituents in Job's Hill Kaolin

	M.R.D.(1)	S.R.C.
Fe_2O_3	0.18	-
K_2O	0.07	0.14
Na_2O	0.19	0.62

(1) Mineral Resources Division, Overseas Geological Surveys.

Samples were submitted to Jamaica Potteries Limited, to determine if this material was suitable for blending with the local plastic kaolin, found at Frenchman's Cove, to produce a body which was white firing, and adaptable to the process in their plant. The results of these tests are encouraging.

8. Field examination of the Job's Hill area (where the mineral occurred) carried out in collaboration with Mr. D.L. Cooke of the Geological Survey Department showed that the rocks consist of andesite, trachyte lavas, andesitic conglomerates, and greywaches. The lavas contain horizons of glassy tuffs which change to kaolin where it is hydrothermally altered. Petrographic examination by Mr. Cooke shows the following sequence of alteration, (i) devitrification of welded glass to a granular feldspathic aggregate, (ii) kaolinization of this aggregate to a semi-opaque mass, (iii) hydrothermal alteration causing recrystallization to a partially cloudy mineral and migration of the iron oxide, (iv) development of a clear crystalline clay mineral.

9. The preliminary results suggest that this clay may be used for blending with Frenchman's Cove clay, and so replace material currently imported. The investigation is therefore continuing to determine if sufficient tonnage of this material exists.

IRON ORES

10. The possibility of setting up an iron industry in Jamaica using scrap iron, iron ores, and bauxite red mud tailings is of vital interest because of the role that this industry could play in the development of the island. Such an industry would have its roots in the rural areas and so would supplement agriculture and provide a basic raw material that is now imported. Table III shows the amount of easily fabricated products imported into the island. Work on this project is in its early stages but there are indications that by blending the magnetite from the black sands which occur along the south coast, with the magnetite-hematite ore from Mavis Bank, St. Andrew (Perelli, 1962; Zans,1951) and dehydrated bauxite red mud it may be possible to establish sufficient ore reserves to warrant the operation.

11. Three dune-like occurrences of black sand have been located on the south coast by the Geological Survey Department and a mining company. These sands are fairly well sorted over 90% of the grains having a diameter less than 60 mesh (B.S.S.) but greater than (200 mesh). There are however zones where the minus 200 mesh fraction may be as high as fifteen percent. The sand deposits contain between twelve and thirty percent magnetic minerals. The sorting of the sands in these zones is less than in the black sands, but the magnetic content is between fifteen and twenty percent. The outer surface of each deposit contains a much higher percentage of magnetite than the rest of the deposit. The most magnetic fraction is composed principally of titaniferous magnetite with exsolved hematite and contains 60% Fe, and 14% TiO_2.

TABLE III

IMPORTS INTO JAMAICA OF CERTAIN BASE METALS DURING 1952-61

IRON & STEEL BAR	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
Quantity in tons	4,440	(1) 2,896	3,675	8,800	10,874	14,412	10,398	11,945	14,686	15,090
Value in £	295,989	133,131	140,020	411,692	474,493	761,869	451,164	465,163	626,132	633,121
PIG & SPONGE IRON (2)										
Quantity in tons	41	-	67	53	54	64	52	87	102	112
Value in £	1,285	-	2,104	1,984	1,618	2,437	1,796	3,090	3,871	5,170

(1) Iron Bars only

(2) Including iron and steel powder.

(Information supplied by Department of Statistics).

12. A preliminary estimate of the sand available in the area indicates the presence of approximately eight million tons of sand, containing at least fifteen percent magnetite. It is therefore possible to produce about one million tons of concentrate.(1)

13. The bauxite red mud tailings contain over forty-five and often as much as sixty percent Fe_2O_3 and between five and eight percent of titanium. The particle size of this material is in the sub-micron range and so the surface area is extremely large and it often dehydrates with the rapid evolution of gasses and creates handling problems. It is however possible that if the ore from the three sources (Mavis Bank ore, beach sand concentrate, and bauxite red mud-tailings) are blended the mixture may be suitable for smelting. The objectionable high titanium content of the ore from beach sand concentrate may also be overcome by this type of blending.

GEOCHEMICAL PROSPECTING

14. The Unit has also conducted a geochemical prospecting survey for nickel in the Blue Mountain area and has assessed geochemical prospecting data for copper in the possession of the Mines Department (Hill 1961, 1962).

15. The former project was undertaken at the request of the Geological Survey Department which had found evidences of nickel bearing serpentine near Cedar Valley in St. Thomas foothills of the Blue Mountain range. The survey confirmed that nickel is associated with the presence of bronzite phenocrysts in the serpentinized intrusive. The nickel preferentially substitutes in the magnetite structure but some of it is also present as nickelion serpentine. The concentration of nickel in the anomalous areas is between 0.2 to 0.3 percent. No evidence was found of any concentration of nickel in laterites probably because magnetite is extremely resistant to weathering and also because the terrain is too rugged to allow the accumulation of a laterite. The observed concentration of nickel is within the range considered normal for ultrabasic rocks, suggesting that it is within this facies of the intrusive that the nickel is found, and the anomalous area outlined delineates this zone.

16. Statistical methods were used to evaluate the above geochemical prospecting survey data, and that obtained during a search for copper in the Bellas Gate area, Clarendon, by Jamaica Copper and Iron Limited. It is believed that this approach is particularly useful in areas where geochemical prospecting is applied without a background of information on the threshold value for the diagnostic element or radical. The approach is to plot the log concentration of the diagnostic element as a cumulative frequency curve, and derive the unique frequency curve for the distribution by differentiating it. If the resultant unique frequency curve is unimodal, it is unlikely that an anomalous zone exists. However, if the curve is polymodal then an anomalous area exists, and the data should be plotted to delineate it. The technique cannot determine if an ore body exists. It locates only an anomalous area, and further field observation is necessary to make this distinction. Its value lies in its reduction of the size of the target.

WATER QUALITY AND WASTE DISPOSAL RESEARCH

17. Water being the most important mineral in the economy of a developing country, particular emphasis was placed on the investigation of the chemical composition of the surface and sub-surface water of the island. In some instances, the seasonal variations in the composition of these waters have been found to be great and indicative of pollution. This was particularly so in the Pedro Plains. The evidence so far available suggests that pollution of the sub-surface waters by seepage from human and animal refuse is a serious problem, and that the abnormal potassium content of the water from several wells can be used as an index of this pollution. (Hill and Ellington 1962). The Unit's investigation disclosed that the intrusion of sea water into the sub-surface water of the Clarendon Plains is creating a problem to which a solution must be found (Hill and

(1) Personnel Communication, from Chief Engineer to the Mining Company.

Ellington, 1961).

18. Another factor which has been examined is the calcium carbonate stability of water. This has an important bearing on the design and maintenance of water supply schemes, and is also of interest in the building and construction industry. The lime scaling of pipes in public water supply projects has presented a very serious problem because the carrying capacity of pipes is often reduced to the extent where it becomes necessary to by-pass the storage reservoir and pump the water directly into the supply mains. The result is that it is often necessary to run these pumps continually, a procedure which reduced their operational life. In addition, it has been observed that where the water used to mix concrete is supersaturated with respect to calcium carbonate the resultant product has a reduced compression strength. This decrease in strength may be due to the deposition of finely divided lime on the aggregates and as veinlets in the matrix.

19. A programme of work for the routine determination of calcium carbonate stability of water samples was started. The indications are that in limestone areas the wells or rivers at their sources are prone to become meta-stable with respect to calcium carbonate. River or well water in other areas are in stable equilibrium with respect to calcium carbonate. This work is still in progress (and will be reported on more fully in the future).

20. The disposal of rum distillery slop in areas where it it not possible to incorporate it in irrigation water or empty it into the ocean has always posed a difficult problem. The emptying of large quantities of this waste directly into the river has been reported to cause the death of fish. Table IV gives some basic data for fresh rum distillery slop.

TABLE IV: Typical Data for Rum Distillery Slop

Property	Value
pH	4.2
Colour	dark brown and opaque
C.O.D.	72,800 mg/l O_2
Acidity	3,530 mg/l H_2SO_4
Na	150 mg/l
K	11,200 mg/l

21. Attempts at purification by chemical means and absoprtion have not proved feasible. Work by the Unit has, however, indicated that it may be practicable to dispose of it by careful dilution with ordinary river water followed by aeration. It has also been established that the immediate cause of observed death of the fish was the depletion of the oxygen in the water. As a result of this, a series of experiments were designed to determine the rate of depletion of the dissolved oxygen in river water containing different concentrations of slop. Figure I gives a typical series of curves showing these curves. All these curves show a lag period of about twenty-four hours during which there is little change in the dissolved oxygen. However, the rate of depletion from then onwards was different, decreasing with increasing dilution. The colour, turbidity and chemical oxygen demand of the diluted slop have a simple linear relationship to the degree of dilution and do not appear to be objectionable at dilutions greater than (1:1000). The acidity is neutralized by the bicarbonate present in the diluting water when the dilution is greater than about (1:200). The work to date suggests that

the disposal of the slop into a river can satisfactorily be accomplished by a simple dilution and aeration treatment provided that the mixing is adequate.

22. It has been determined that in dilutions of about (1:1600) the slop if saturated with air will maintain an oxygen balance after several days of anaerobic storage at 20°C. However, it still has to be demonstrated conclusively that there are no undesirable side effects associated with such a scheme.

ACKNOWLEDGMENTS

23. The research reported was entirely supported by the Scientific Research Council of Jamaica. The author would like to express his thanks to the members of the Geochemistry and Water Quality Advisory Boards for their interest and assistance in all phases of the programme.

24. The co-operation of the staff of the Geological Survey Department, Water Supplies Branch of the Ministry of Local Government and Sanitary Engineering Bureau of the Ministry of Health in the field investigations is gratefully acknowledged. The Department of Government Chemist provided both laboratory space and assistance for this work.

25. Thanks are due to Dr. A.C. Ellington and Mr. W.A. Taylor for their active participation in the research and to Mr. V.A. Isaac-Henry, Mrs. Nora Peacocke and Miss Myrna Grant for assistance in preparation of the paper.

REFERENCES

Hartman, J.A., The Heavy Minerals in the Bauxite Deposits of Jamaica, M.S. Thesis, University of Wisconsin (1955).

Hill, V.G., The Mineralogy and Genesis of the Bauxite Deposits of Jamaica, B.W.I., Am. Min, 40, 676-688, (1955).

Hill, V.G., Geochemical Prospecting for Nickel in the Blue Mountain Area, Jamaica, W.I., Eoc. Geol. 56, 1023-25 (1961).

Hill, V.G., A Statistical Analysis of Geochemical Prospecting Data From the Copper Deposits of the Bellas Gate Area, Clarendon, Third Caribbean Geological Congress (1962) (In Manuscript).

Hill, V.G., and Ellington, A.C., Studies of the Chemical Characteristics of Ground Water Resources of Jamaica. 1. A Contribution to the Interpretation of Hydrochemical Data, Eoc. Geol. 56, 533-541 (1961).

Hill, V.G., and Ellington, A.C., Studies of the Chemical Characteristics of The Ground Water Resources of Jamaica, 2. The Hydrochemistry of the Ground Water Resources of the Pedro Plains, St. Elizabeth, Third Caribbean Geological Congress (1962) (In Manuscript).

Hill, V.G. and Price, Desmond, A Rapid Chemical Method for the Grading of Bauxite, Third Caribbean Geological Congress (1962)(In Manuscript).

Jamaica, The Central Planning Unit, Economic Survey Jamaica 1961, Government of Jamaica, (1962).

Perelli, R.J., Geology and Ore Occurrences at Mavis Bank , Parish of St. Andrew, Jamaica, W.I., Third Caribbean Geological Congress (1962) (In Manuscript).

Zans, V.A., Economic Geology and Mineral Resources of Jamaica, Geological Survey Department, Bull. No. 1, (1951).

Zans, V.A., Chubb, L.J., Versey, H.R., Williams, J.B., Robinson, E., and Cooke, D.L., Synopsis of the Geology of Jamaica, Geological Survey Department Bull. No. 4,(1962).

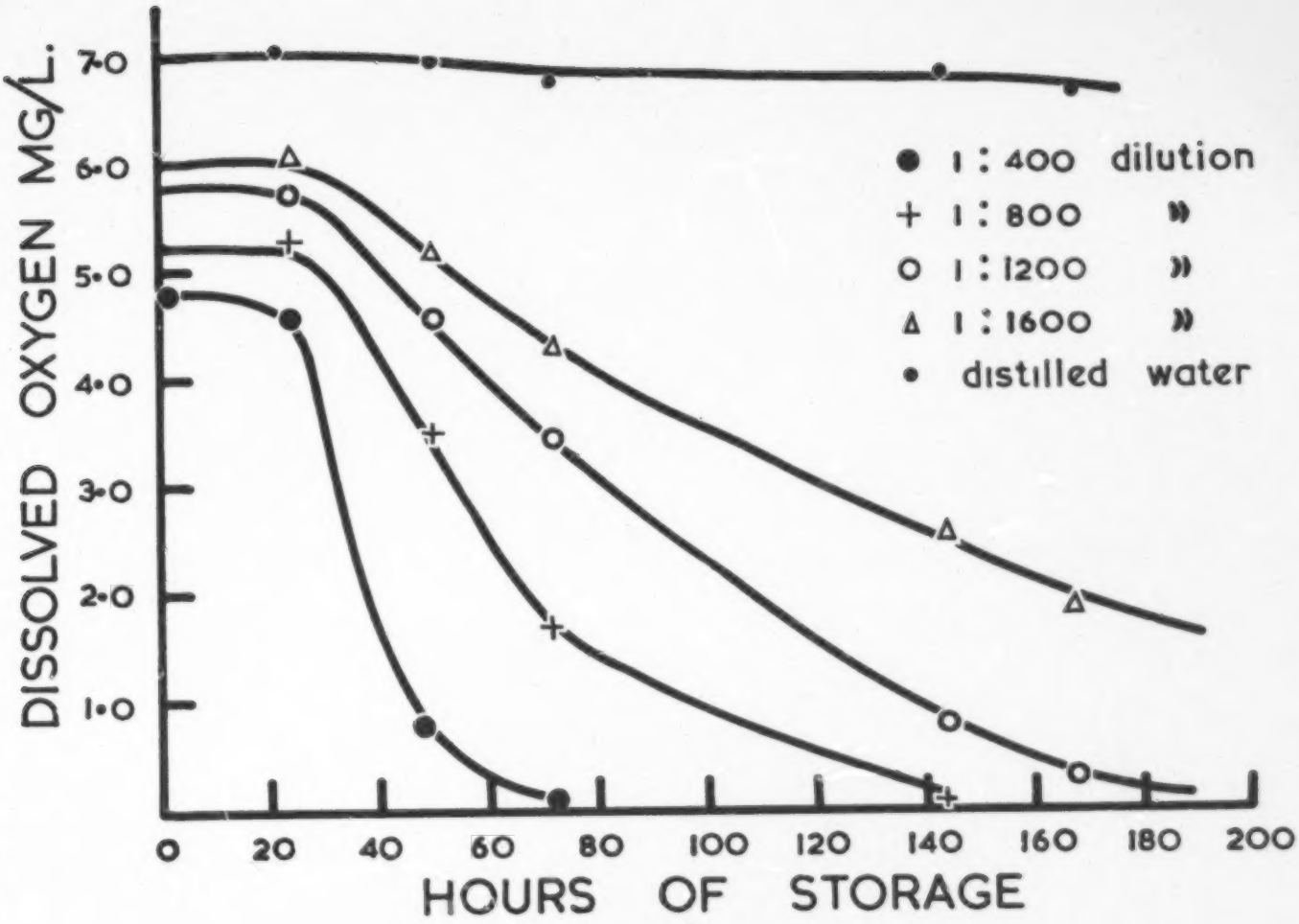


Figure I: Graph showing typical rate of depletion of the dissolved oxygen content of rum distillery slop diluted with river water.

1841 E - Nov.1962 - 1,600